Der wirtschaftliche Erfolg von Erz-Aufbereitungen in Abhängigkeit vom Verarbeitungsgang und Metallpreis unter besonderer Berücksichtigung der Deutsch-Bleischarley-Grube.

Von der Technischen Hochschule zu Breslau
zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs genehmigte

DISSERTATION.

Vorgelegt von

Dipl.-Ing. **Hans Joachim Salau**
aus Beuthen (O.-S.).

Referent: Prof. Dr. W. Groß.
Korreferent: Prof. G. Spackeler.

Tag der mündlichen Prüfung: 16. Mai 1934.

Halle (Saale).
Druck von Wilhelm Knapp.
1934.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

Einleitung: Durch Fortschritte in der Aufbereitung einerseits und durch die veränderte Wirtschaftslage auf dem Weltmarkt andererseits ergibt sich die Notwendigkeit, den Aufbereitungsgang den veränderten Verhältnissen anzupassen. In der Arbeit wird dargelegt, welche Untersuchungen durchzuführen sind, um unter den gegebenen Bedingungen den größtmöglichen Erfolg zu erzielen 5

I. Die für die Ermittlung des maximalen Aufbereitungserfolges erforderlichen Untersuchungen über:

a) Die sich auf Grund der mineralogischen Eigenschaften eines Erzes ergebenden Trennungsverfahren . . . . . 5—8

1. Physikalische Eigenschaften und Verfahren 6
2. Physikalisch-chemische Eigenschaften und Verfahren . . . . . 6—7
3. Chemische Eigenschaften und Verfahren . 7—8

b) Die Beschränkung der technisch möglichen Verfahren durch die Absatzfähigkeit der bei ihnen anfallenden Produkte 8

c) Die Verarbeitung eines Erzes . . . . . 8—9

1. Durch Trennung in der Grube in zwei oder mehrere Haufwerkssorten mit anschließend getrennter Aufbereitung einer jeden Sorte 8
2. Durch verschied. Verfahrenskombinationen 8—9

α) Durch ein Grundverfahren mit einem daran anschließenden Hilfsverfahren . . 9

β) Durch ein Grundverfahren mit mehreren sich aneinander zwangsläufig anschließenden Hilfsverfahren 9

d) Die Auswertung der technischen und wirtschaftlichen Ergebnisse der einzelnen Verfahrenskombinationen mit Hilfe graphischer Methoden 9—12

1. Ermittlung des technischen und wirtschaftlichen Optimum in Abhängigkeit von der prozentualen Beteiligung des oder der Hilfsverfahren am Grundverfahren bei festem Metallpreis . . . . . 9—10
2. Gegenüberstellung der wirtschaftlichen Ergebnisse einzelner Verfahren oder Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit vom Metallpreis . . . . . 10—12

II. Die Durchführung der zuvor dargelegten Untersuchungen am Beispiel der Deutsch-Bleischarley-Erze . . . . . 12—26

a) Die mineralogischen Eigenschaften dieser Erze und die sich daraus ergebenden Trennungsverfahren . . . . . 12—14

1. Physikalische Eigenschaften — Handscheidung, Naßmechanik
2. Physikalisch-chemische Eigenschaften — Flotation
3. Chemische Eigenschaften — Wälzen

b) Die Beschränkung der technisch möglichen Verfahren durch die Absatzfähigkeit der bei ihnen anfallenden Produkte (Flotationsblende) . . 14

c) Die Verarbeitung der Deutsch-Bleischarley-Erze 14—20

1. Durch Trennung in der Grube in Galmei- und Blendehaufwerk und anschließend getrennter Behandlung der Erzsorten . . . 14—19

α) Blendehaufwerk. Durch Naßmechanik und anschließende Flotation . . . . . 14—16

β) Galmeihaufwerk . . . . . 17—19

1. Durch Naßmechanik und Wälzen . . 17
2. Durch Naßmechanik und anschließend Flotation und Wälzen . . . . . 17—19

2. Ohne Trennung in der Grube Verarbeitung des gesamten Rohhaufwerks durch Naßmechanik mit anschließender Flotation . . 19—20

d) Die Auswertung der technischen und wirtschaftlichen Ergebnisse nach den im Teil I dargelegten Gesichtspunkten . . . . . 20—26

Schluß: Volkswirtschaftliche Betrachtungen . . . 26

Sonderdruck aus „METALL UND ERZ“ XXXI. Jahrg. (N. F. XXII.), 1934, Heft 21.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545806_0052

Einleitung.

Der nach dem Kriege in der ganzen Welt einsetzende Metallhunger hat der Entwicklung der Erzaufbereitung einen ungeheuren Auftrieb gegeben. Bestehende und bereits bekannte Verfahren, wie das der Schwerkraft- oder naßmechanischen Aufbereitung einschließlich der damit verbundenen Zerkleinerungs- und Siebtechnik wurden verfeinert, und neue oder noch am Anfang ihrer Entwicklung stehende Verfahren, wie das Flotationsverfahren nebst der dazugehörigen Feinmahl- und Filtertechnik, ferner das Wälzverfahren, die Laugerei usw. wurden ausgebildet.

Hierdurch wurde es möglich, Lagerstätten auszubeuten und Rohstoffe nutzbar zu machen, die man früher gar nicht oder nur sehr unvollkommen veredeln konnte.

Bei dieser Entwicklung stieg die Metallproduktion der Welt in wenigen Jahren derart, daß das Angebot bald größer wurde als die Nachfrage, was ein allgemeines starkes Sinken fast aller Metallpreise zur Folge hatte.

Bei der Unzahl der neuen Aufbereitungsverfahren einerseits und den sich dauernd ändernden Metallpreisen andererseits bedarf es eingehender Untersuchungen, um für ein zu behandelndes Haufwerk die richtige Wahl des geeigneten Verfahrens zu treffen. Besonders schwierig wird die Wahl bei der Aufbereitung komplexer Erze, wobei meist ein Verfahren nicht ausreicht, sondern mehrere Verfahren miteinander kombiniert werden müssen, um bei Berücksichtigung der neuesten technischen Errungenschaften den größten wirtschaftlichen Erfolg des Veredlungsprozesses zu gewährleisten.

Auch tritt an den Aufbereitungsmann häufig die Aufgabe heran, zu prüfen, inwieweit die neueren Verfahren mit wirtschaftlichem Erfolg als Ersatz oder als Ergänzung bereits bestehender Aufbereitungsverfahren oder -anlagen anwendbar sind.

Im allgemeinen ging man bisher bei der Wahl von Aufbereitungsverfahren und deren Kombinationen so zu Werke, daß man auf Grund der mineralogischen Vorprüfung ein oder mehrere Verfahren auswählte, von denen das eine die Rolle des Grundverfahrens übernahm, d. h. 100 prozentig von dem Rohstoff durchlaufen wurde. Alles, was man mit dem Grundverfahren infolge der mineralogischen Beschaffenheit des Rohstoffes nur unvollkommen oder überhaupt nicht zugute machen konnte, wurde dem oder den Hilfsverfahren zur Weiterbehandlung zugeführt. Man ging dabei ziemlich empirisch vor, indem man aus einem gewissen Erfahrungsschatz heraus die mengenmäßige Beteiligung des Hilfsverfahrens am Gesamtverfahren festlegte, ohne nun etwa zu prüfen, ob sich die Wirtschaftlichkeit der gesamten Aufbereitung nicht noch etwa dadurch erhöhen ließe, daß man gewisse Produkte, die zwar bereits durch das Grundverfahren in verkaufsfähige Form gebracht worden waren, durch Behandlung in einem Hilfsverfahren weiter verfeinerte und hierdurch in ihrem Wert steigerte.

In der nachstehenden Arbeit sollen Methoden aufgezeigt werden, die es gestatten, den Einfluß der Beteiligung eines oder mehrerer Hilfsverfahren am Grundverfahren systematisch zu untersuchen. D. h. es wird geprüft, wie sich das wirtschaftliche Ergebnis einer Aufbereitung gestaltet, wenn das oder die Hilfsverfahren in ihrer mengenmäßigen Beteiligung am Hauptverfahren alle zwischen Null und Hundert möglichen Werte durchlaufen. Dadurch, daß die Untersuchungen nicht nur für konstanten, sondern auch für veränderlichen Metallpreis in verhältnismäßig einfacher Weise durchführbar sind, kann durch eine einmalige Untersuchung ein für allemal die Arbeitsmethode festgelegt werden, die von allen in Frage kommenden in jedem Fall die größte Wirtschaftlichkeit gewährt.

Da solche systematischen Untersuchungen bisher aus der Literatur nicht bekannt sind, dürfte die nachstehende Arbeit wesentlich zur Kenntnis der Untersuchungsmethoden für die Wirtschaftlichkeit von Aufbereitungsanlagen beitragen.

Die im ersten Teil der Arbeit dargelegten allgemeinen Richtlinien für die Feststellung der wirtschaftlichsten Aufbereitungsmethode werden im zweiten Teil der Arbeit an dem Beispiel der Bleischarley-Erze praktisch durchgeführt.

I. Die für die Ermittlung des maximalen Aufbereitungserfolges erforderlichen Untersuchungen über:

a) Die sich auf Grund der mineralogischen Eigenschaften eines Erzes ergebenden Trennungsverfahren.

Bevor man zur Wahl eines Aufbereitungsverfahrens schreitet, sind nicht nur die chemische Zusammensetzung, d. h. der Metallgehalt der nutzbaren Mineralien sowie chemische Beschaffenheit der Gangart festzustellen, sondern die Untersuchungen haben sich auch auf die Mineralart, den Mineralverband sowie die Größe der einzelnen Haufwerkskomponenten, d. h. den Verwachsungsgrad, zu erstrecken. Nach den bei einer solchen Prüfung erzielten Befunden kann man schon folgende drei Hauptgruppen von Aufbereitungsverfahren unterscheiden, und zwar solche, die auf

1. physikalischen Eigenschaften,

2. physikalisch-chemischen Eigenschaften.
3. chemischen Eigenschaften

der einzelnen Haufwerkskomponenten beruhen.

Zu den auf physikalischen Eigenschaften beruhenden Trennungsverfahren ist in erster Linie die Handscheidung zu rechnen, die auf Grund verschiedener Form, verschiedener Farbe und zum Teil auch verschiedenen Gewichts durchführbar ist. Diese Trennungsmethode ist jedoch beschränkt insofern, als sie nur in den Korngrößen von etwa 100 bis 20 mm anwendbar ist und auch nur dort, wo billige Arbeitskräfte zur Verfügung stehen.

Ein weiteres, auf physikalischen Eigenschaften beruhendes Trennungsverfahren ist die sogenannte Naßmechanik, die sich der Unterschiede im spezifischen Gewicht der einzelnen Mineralien bedient. (Als Naßmechanik wird in Anlehnung an den fachlichen Sprachgebrauch im folgenden ein Aufbereitungsverfahren bezeichnet, das sich aus einer Klassierung mit anschließender Handscheidung bzw. anschließender Trennung auf Grund der unterschiedlichen spezifischen Gewichte der einzelnen Mineralteilchen unter Zuhilfenahme von Setzmaschinen, Stromapparaten und Herden zusammensetzt.)

Auch diese Trennungsmethode erfährt bei manchen Erzen ihre Begrenzung dadurch, daß man infolge eines hohen Verwachsungsgrades den Aufschluß so weit treiben muß, daß die von Natur aus bestehenden Unterschiede im spezifischen Gewicht der einzelnen Mineralteilchen von einer gewissen Kornfeinheit ab nicht mehr praktisch nutzbar gemacht werden können, da immer in einem gewissen kontinuierlichen Wasserstrom gearbeitet werden muß, der sowohl die spezifisch schweren als auch die spezifisch leichten Haufwerksteilchen mit sich reißt. Man kann nicht mehr nach der Gleichfälligkeit klassieren und auch nicht mehr auf Setzmaschinen und Herden eine Trennung nach Sorten herbeiführen. Dies dürfte beispielsweise für die komplexen Erze des Rammelsberges und der Kieslagerstätte in Meggen zutreffen. Auch findet man häufig, daß sich die einzelnen Gemengteile eines Haufwerkes, die als wohlausgebildete Mineralindividuen zwar verschiedene spezifische Gewichte aufweisen, in der Natur infolge poröser Ausbildung sich in ihren spezifischen Gewichten überschneiden, so daß praktisch eine Trennung unmöglich ist. Dies ist häufig bei den oberschlesischen Blei-Zinkerzen zu beobachten, wo an Stelle von Schwefelkies mit dichtem Gefüge (Strahlkies), dessen spezifisches Gewicht höher als das der Zinkblende ist, ein Kies mit schaumig-poröser Ausbildung tritt, dessen Volumgewicht sich mit dem der Zinkblende überschneidet. Ebenso kann man häufig beobachten, daß bei den oberschlesischen Erzen die Zinkblende, die ja in dichter Form ein höheres spezifisches Gewicht als der Dolomit hat, bisweilen auch eine ganz poröse, kavernöse Struktur aufweist, bei der sich das Volumengewicht solcher Zinkblendeaggregate mit dem des derben Dolomits überschneidet. Die Folge davon ist, daß auf Grund der unterschiedlichen spezifischen Gewichte der einzelnen Mineralien bei derartigen Erzen eine Trennung von Schwefelkies und Zinkblende bzw. von Zinkblende und Dolomit nicht immer vollständig durchführbar ist. Wendet man für solche Erze trotzdem eine Trennung unter Zuhilfenahme naßmechanischer Methoden an, so ist die Folge davon, daß der Gehalt der Zinkblendekonzentrate durch den gleichfälligen Schwefelkies erniedrigt wird und der Zinkgehalt der Berge durch die mit dem Dolomit gleichfällige Zinkblende erhöht wird. Da also die Anreicherung einerseits und das Ausbringen andererseits in diesem Falle verschlechtert werden, kann man die naßmechanische Aufbereitung für die Behandlung derartiger Haufwerke nur in beschränktem Maße anwenden.

Auch können Mineralgemische in einer solchen Form vorliegen, daß man sie mit den Mitteln der Naßmechanik überhaupt nicht trennen kann, wie z. B. beim „Galmei". Bei diesem handelt es sich in der Natur meist nicht um ein einheitliches Mineral von der chemischen Zusammensetzung $ZnCO_3$, sondern bei den oberschlesischen Erzen beispielsweise um ein inniges Gemisch von kleinen Dolomit- und Galmeimineralindividuen, die man auch mit den Mitteln der modernsten Feinmahltechnik kaum voneinander lösen könnte. Und selbst wenn dies gelänge, würde die Kornfeinheit wieder derartig groß sein, daß eine Trennung mit Hilfe der unterschiedlichen spezifischen Gewichte, wie bereits zuvor ausgeführt, nicht möglich wäre.

Als weiteres, auf physikalischen Eigenschaften der Erzkomponenten beruhendes Trennungsverfahren wäre noch die Magnetscheidung zu nennen. Dieselbe beruht auf der unterschiedlichen Permeabilität der Haufwerksgemengteile. Da der Unterschied der Permeabilität der einzelnen Erzkomponenten mit Ausnahme der Eisenerze bei den meisten anderen Erzen sehr gering ist, müssen dieselben häufig metallurgisch durch Röstung oder starke Erhitzung vorbehandelt werden, um die Haufwerksgemengteile von einem bestimmten Eisengehalt zu einer gewissen Magnetisierbarkeit zu bringen. Es dürfte schon hieraus hervorgehen, daß die Magnetscheidung nur in beschränktem Umfange für die Aufbereitung von NEM-Erzen Anwendung findet. Ihr Hauptverwendungsgebiet erstreckt sich auf die Veredlung von Eisenerzen und feuerfesten Tonen.

Aus dem zuvor Gesagten und den kurz angeführten Beispielen ergibt sich, daß die zwar sehr weit verbreiteten, auf physikalischen Eigenschaften der einzelnen Erzkomponenten beruhenden Trennungsverfahren nur in einem gewissen Rahmen anwendbar sind. Da, wo diese Verfahren nicht mehr ausreichen, tritt ein auf den physikalisch-chemischen Eigenschaften der Haufwerksgemengteile beruhendes Trennungsverfahren in sein Recht.

Dies ist das Flotationsverfahren, das sich das unterschiedliche Adsorptionsvermögen der einzelnen Mineralien gegen Elektrolyte und Öle nutzbar macht. Die Trennung wird in dem Dreiphasengemisch flüssig-fest-gasförmig durch Erzeugung eines die nutzbaren Mineralien tragenden Schaumes bewirkt.

Während die sulfidischen Mineralteilchen ausgesprochen hydrophob und ölbenetzbar sind, sind die oxydischen Mineralteilchen hydrophil und relativ ölunbenetzbar. Aus dieser Tatsache ergibt sich schon von vornherein eine gewisse Beschränkung in der Anwendbarkeit des Flotationsverfahrens zur Veredlung von Mineralgemischen. Man kann zwar eine weitgehende Trennung der sulfidischen Mineralien von den oxydischen, d. h. von den Gangartpartikelchen erzielen. Man kann auch nach Einführung der selektiven Flotation eine Trennung sulfidischer Mineralien untereinander herbeiführen, aber eine Trennung oxydischer Mineralien untereinander, etwa derart, daß man dabei nutzbare Mineralien, die an sich hydrophil sind, von der hydrophilen Gangart trennt, ist bisher nur in beschränktem Maße gelungen. So war es möglich, beispielsweise unter gewissen Verhältnissen Cerussit durch oberflächliche Sulfidisierung hydrophob zu machen und danach unter Zugabe geeigneter Schwimmittel von quarziger Gangart zu trennen. Diese Sulfidisierung ist aber nur unter gewissen Bedingungen und bei einer beschränkten Anzahl von Erzen durchführbar. Auf die Gründe hierfür näher einzugehen, würde außerhalb des Rahmens dieser Arbeit liegen.

Neuerdings sind auch Versuche teilweise mit bestem Erfolg gelungen, unter Zuhilfenahme von Fettsäuren an sich hydrophile Mineralien zu flotieren. So ist z. B. die Trennung des Spateisensteins von seinen aus Quarz und Grauwacke bestehenden Verunreinigungen möglich oder die Scheidung des Apatit von Quarz. Trotz aller Bemühungen ist es jedoch bis heute noch nicht möglich, bei zwei sehr wichtigen Erzmineralien, dem Zinnstein und

dem Galmei, auf flotativem Wege eine Trennung von ihrer Gangart herbeizuführen.

Da der Erfolg des Flotationsverfahrens durch eine Reihe oft sehr komplizierter physikalisch-chemischer Vorgänge bestimmt wird, muß man auch diejenigen Faktoren weitgehend berücksichtigen, die sich aus der etwaigen Verwitterungsfähigkeit eines Erzes oder der Abspaltung löslicher Salze aus dem Haufwerk ergeben. Auch die chemische Beschaffenheit des für die Flotationsanlage zur Verfügung stehenden Wassers ist für die Durchführbarkeit des Flotationsprozesses von wesentlicher Bedeutung. Es genügt also nicht allein die Feststellung, daß Unterschiede der einzelnen Haufwerkskomponenten in ihrer Adsorptionsfähigkeit vorhanden sind, sondern bei der Eignungsprüfung eines Erzes für das Flotationsverfahren können allein Versuche maßgebend sein, die weitestgehend alle später zu erwartenden Betriebsverhältnisse berücksichtigen.

Aus den angeführten Beispielen sieht man, daß die Anwendbarkeit des auf kolloid-chemischen Eigenschaften der einzelnen Mineralien beruhenden Flotationsverfahrens von Natur aus einer gewissen Beschränkung unterworfen ist. Überall da, wo man die Veredlung von Haufwerken weder mit physikalischen noch physikalisch-chemischen Methoden durchführen kann, kommen Trennungsverfahren, die auf den rein chemischen Eigenschaften der Erzkomponenten beruhen, in Betracht.

Bei diesen Verfahren beruht die Trennung der in den einzelnen Mineralien enthaltenen Stoffe entweder in der verschiedenen Löslichkeit oder der verschiedenen Schmelz- und Reduzierbarkeit der einzelnen Erzkomponenten. Die Anwendungsmöglichkeit wird begrenzt durch die chemische Beschaffenheit des Rohstoffes, dagegen wird die praktische Anwendung solcher Verfahren in erster Linie durch wirtschaftliche Gesichtspunkte bestimmt.

Im allgemeinen rechnet man zu den auf rein chemischen Vorgängen beruhenden Aufbereitungsverfahren die Amalgamation, die Zyanidlaugerei, das Wälzverfahren und in gewissen Fällen vielleicht auch die Kalzinierung. Die Amalgamation und Zyanidlaugerei werden nur in der Golderzaufbereitung, die Kalzinierung bei an sich reinen karbonatischen Mineralien angewandt. Das erst in den letzten Jahren ausgebildete Wälzverfahren dagegen kann für eine große Zahl von Stoffgemengen angewendet werden, die sich weder auf Grund ihrer physikalischen noch physikalisch-chemischen Eigenschaften trennen lassen. Der Laugerei und dem Wälzverfahren geht häufig eine Röstung voraus, die zur Beseitigung des im Rohstoff enthaltenen Schwefels teilweise notwendig oder doch zum mindesten erwünscht ist.

Da unter den neueren chemischen Aufbereitungsverfahren der Wälzprozeß eine bedeutende Rolle spielt, und da im zweiten Teil der vorliegenden Arbeit mehrfach die Kenntnis dieses Verfahrens, über dessen Einzelheiten in der Literatur noch wenig zu finden ist, vorausgesetzt wird, erscheint es zweckmäßig, auf den Wälzprozeß etwas näher einzugehen. Derselbe ist für die Behandlung von Mineralgemischen anwendbar, deren Metalle sich bei den in einem Drehrohrofen praktisch erreichbaren Temperaturen von 1100 bis 1200° verflüchtigen lassen. Zu solchen Stoffen zählen in erster Linie Blei, Zink und Kadmium. Diese Metalle kommen auch häufig in der Natur miteinander vergesellschaftet vor, und deshalb soll der Wälzvorgang im folgenden auch an einem Material erläutert werden, das diese drei vorgenannten Metalle in Mineralform enthält. Sind sie als Sulfide vorhanden und ist die Gangart kalkiger Natur, so findet im ersten Teil des Drehrohrofens eine Umsetzung statt, die nach folgender Gleichung verläuft:

$$ZnS + CaO = ZnO + CaS$$

oder falls kohlensaure Metallverbindungen vorliegen:

$$ZnCO_3 = ZnO + CO_2 \qquad CaO_3 = CaO + CO_2.$$

Für Kadmium- und Bleiverbindungen verlaufen die Reaktionen in ähnlicher Weise.

Im Hauptteil des Ofens, in dem Temperaturen von 1200° vorherrschen, findet nun durch den der Beschickung bis zu 30 Gew.-Proz. beigemischten Koksgrus eine Reduktion der gebildeten Metalloxyde statt, die nach folgenden Gleichungen verlaufen kann:

$$ZnO + C = Zn + CO$$
$$2\,ZnO + C = Zn + CO_2.$$

Das gebildete metallische Zink ist bei den in diesem Ofenteil herschenden Temperaturen dampfförmig, d. h. das Zn verdampft aus der Beschickung heraus und wird durch den in den Ofengasen enthaltenen Luftsauerstoff sofort wieder zu Zinkoxyd oxydiert, während die metallarme Schlacke am unteren Ende des schwach geneigten Drehrohrofens ausgetragen wird. Das zu gewinnende Metall befindet sich also jetzt nicht mehr in der Ofenbeschickung, sondern als Metalloxydstaub in äußerst feiner Verteilung in dem abgesaugten Ofengas. Aus diesem kann das Zinkoxyd sodann in einer Gasreinigungsanlage abgeschieden werden, die bei modernen Anlagen meist in einer elektrischen Gasreinigung besteht. Bei Vorhandensein von Blei- und Kadmiumverbindungen verlaufen die Reaktionen in ähnlicher Weise wie beim Zink. Falls das Vorlaufen des Wälzofens Sulfide enthält, werden die Ofengase auch geringe Mengen Schwefeldioxyd aufweisen, die dazu führen, daß sich ein Teil des Zinkoxyds oder des Bleioxyds zu Zinksulfat bzw. zu Bleisulfat umsetzt.

In den meisten Fällen gelingt es nicht, gleich in einem Ofengang ein verkaufsfähiges Produkt herzustellen, einmal, weil, wie schon erwähnt, in den meisten Rohstoffen mehrere Metalle nebeneinander enthalten sind, die dann Mischoxyd ergeben, und zum anderen, weil ein staubförmiges, mehlartiges Produkt wie das Wälzoxyd sehr schlecht zu transportieren und weiterzuverarbeiten ist.

Aus diesem Grunde unterwirft man derartige Oxyde im allgemeinen noch einem Sinterprozeß in einem zweiten Drehrohrofen. Bei Temperaturen von etwa 1000° ist Zinkoxyd und auch Zinksulfat nur wenig flüchtig und neigt zum Sintern. Sind neben dem Zinkoxyd bzw. Zinksulfat auch noch Bleioxyd, Bleisulfat und Kadmiumoxyd- und Kadmiumsulfatverbindungen im Voroxyd vorhanden, so werden diese bei Temperaturen von 1100° bereits zum großen Teil flüchtig. Nach neueren Erfahrungen unterstützt die Zugabe geringer Mengen Chlornatrium (etwa 3 % des Vorlaufens) die Verflüchtigung von Blei- und Kadmiumverbindungen. Die hierbei auftretenden chemischen Vorgänge, insbesondere die Rolle des Chlornatriums, sind zur Zeit noch ungeklärt. Die Endprodukte dieser Sinterung und selektiven Verflüchtigung sind dann das als Ofenaustrag anfallende gesinterte Zinkoxyd mit einem geringen Gehalt an Blei und das in einer elektrischen Gasreinigung in Staubform abgeschiedene Bleiprodukt, in dem das Blei als Oxyd, Sulfat und Chlorid vorliegt, daneben sind, falls im Vorlaufen vorhanden, noch Kadmium und Thallium sowie geringe Mengen von Zink ebenfalls in Form von Oxyden, Sulfaten oder Chloriden enthalten.

Da das beim Sinter- oder auch Klinkerprozeß in staubiger Beschaffenheit anfallende Bleioxyd schwer verkäuflich ist, und man außerdem das in diesem Produkt enthaltene Kadmium noch gewinnen und das überschüssige Chlornatrium aus dem Bleiprodukt entfernen will, wird das genannte Oxyd noch einer Laugung in schwach schwefelsaurem Wasser unterworfen. Dabei finden folgende chemische Umsetzungen statt:

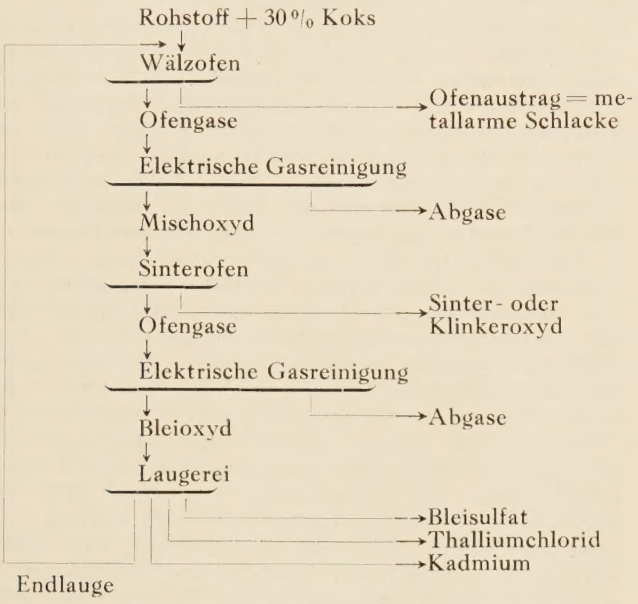
$$PbO + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2O \quad \text{wasserunlöslich,}$$
$$ZnO + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2O \quad \text{wasserlöslich,}$$
$$CdO + H_2SO_4 = CdSO_4 + H_2O \quad \text{wasserlöslich.}$$

Wie man sieht, gehen bei der Laugung Zink und Kadmium in Lösung, während das unlösliche Bleisulfat als Schlamm ausfällt und abfiltriert werden kann.

Durch die Laugung wird neben Zink und Kadmium auch das etwa im Bleioxyd vorhandene Thallium in Lösung gebracht, das nach der Abscheidung des Bleisulfats bei Erkalten des Filtrats als Thalliumchlorid ausfällt. Nach Abfiltrieren dieses Produktes wird das Kadmium durch Zusatz von Zinkstaub ausgefällt, was nach folgender Gleichung verläuft:

$$CdSO_4 + Zn = Cd + ZnSO_4.$$

Nach Filtration des schlammförmigen metallischen Kadmiums ist im Filtrat nur mehr Zink als Sulfat und Chlorid in Lösung. Durch Zusatz von Kalziumhydroxyd läßt es sich als Zinkhydroxyd ausfällen. Neuerdings wird die noch etwa 100 bis 120 g Zn/l enthaltene Endlauge wieder in den Wälzofen aufgegeben. Hierdurch wird neben der Gewinnung des darin enthaltenen Zinks auch noch der 120 g/l betragende Chlornatriumgehalt der Lauge nutzbar gemacht. Das nachstehende Schema zeigt den zuvor dargelegten Verarbeitungsgang.



Zusammenfassend muß man jedoch sagen, daß diese Verfahren meist eine Reihe verwickelter Arbeitsprozesse umschließen und fast alle in großer Menge Lösungs- oder Reduktionsmittel erfordern, die beim Prozeß teilweise oder ganz verloren gehen. Hierdurch werden diese Verfahren gegenüber den physikalischen und physikalisch-chemischen Verfahren relativ sehr teuer, was von vornherein zu einer beschränkten Anwendung solcher chemischer Prozesse führt.

b) Beschränkung der technisch möglichen Verfahren.

Aus den zuvor gemachten Ausführungen ersieht man, daß die Zahl der zur Verfügung stehenden Aufbereitungsverfahren recht groß ist. Die zu treffende Wahl ist aber nicht allein von der Beschaffenheit des Rohstoffes und der sich daraus ergebenden technischen Durchführbarkeit des einen oder des anderen Verfahrens abhängig, sie wird in erster Linie, wie schon bei den chemischen Verfahren angedeutet, durch die Wirtschaftlichkeit bestimmt. Diese kann nun aber wieder trotz guter Ergebnisse und geringer Verfahrenskosten dadurch zweifelhaft werden, daß die anfallenden Produkte in der Nähe ihrer Erzeugungsstätte gar nicht absetzbar sind und infolge hoher Frachtkosten nur einen sehr geringen Erlös bringen.

Es kann der Fall eintreten, daß das Verfahren A technisch und wirtschaftlich dem Verfahren B überlegen ist, daß jedoch die beim Verfahren A erzeugten Produkte überhaupt nicht oder, bezogen auf die Einheit Metall, ungünstiger abzusetzen sind als die Produkte des Verfahrens B, weil keine Weiterverarbeitungsmöglichkeiten vorhanden sind.

Es befinde sich beispielsweise in der Nähe einer Zinkerzgrube eine Muffelhütte, die infolge veralteter Einrichtungen nicht hochprozentige Flotationsblenden, sondern nur niedrigprozentige Waschblenden zu verhütten in der Lage ist. Die nächste Zinkhütte, die darauf eingerichtet ist, Flotationsblenden zu verarbeiten, liege frachtlich sehr ungünstig. Es ergäbe sich dann etwa folgendes Bild:

Es sei angenommen, daß bei gleichem Metallausbringen und gleichen Verfahrenskosten im Fall A eine Flotationsblende mit 60 % Zn erzeugt wird, im Fall B eine Waschblende mit 48 % Zn [1]).

Fall A:

Wert 1 t Flotationsblende bei Zinkpreis 200 ℳ/1000 kg	49 ℳ,
hiervon ab Fracht	20 ℳ,
verbleiben	29 ℳ.
Wert der Einheit Zink 48,3 Pf.	
oder	48,3 ℳ/t Zn im Konzentrat.

Fall B.

Wert 1 t Waschblende	30 ℳ,
hiervon ab Fracht	2 ℳ,
verbleiben	28 ℳ.
Wert der Einheit Zink 58,5 Pf.	
oder	58,5 ℳ/t Zn im Konzentrat.

Fall B ist also dem Fall A infolge des großen Unterschiedes der Frachtkosten ganz wesentlich überlegen.

Man sieht an diesem Beispiel, daß nicht allein der Marktpreis der erzeugten Produkte und die Verfahrenskosten maßgebend sind, sondern daß die Absatzfähigkeit und der effektiv realisierbare Erlös der Produkte unter Umständen von ausschlaggebender Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit und damit für die Wahl des Verfahrens werden können.

Es mögen die verschiedensten Verfahren und Verfahrenskombinationen vom aufbereitungstechnischen Standpunkt anwendbar sein, aber das durch besondere Umstände bedingte wirtschaftliche Ergebnis eines gegebenen Verfahrens begrenzt gewöhnlich die Wahl.

c) Die Verarbeitung eines Erzes.

1. Trennung in der Grube. Hat man auf Grund der mineralogischen und der markttechnischen Vorprüfung festgestellt, daß für die Aufbereitung eines Erzes gewisse Verfahren in Frage kommen, so ist noch zu prüfen, ob eine Trennung in der Grube in verschiedene Haufwerke für die technische Durchführung und den wirtschaftlichen Erfolg einzelner Verfahren besondere Vorteile bietet und ob eine getrennte Gewinnung abbautechnisch möglich ist.

Beispielsweise wird es zweckmäßig sein, falls die flotative Behandlung eines Haufwerks geplant ist, die oxydischen Partien der Lagerstätte getrennt abzubauen und zu fördern, um dieses Haufwerk sodann durch ein anderes Verfahren, z. B. durch das Wälzverfahren oder in besonderen Fällen auch durch die Laugung, zu behandeln. Vielfach läßt die Natur der Lagerstätte auch in einem gewissen Rahmen den Abbau verkaufsfähiger Erze zu, woneben natürlich die Hauptmenge des anfallenden Haufwerks aufzubereiten ist. In diesem Falle muß untersucht werden, ob nicht durch eine Aufbereitung der an sich wohl verkaufsfähigen Erze der wirtschaftliche Nutzen noch zu steigern ist.

2. Verschiedene Verfahrenskombinationen. In den meisten Fällen wird ein Verfahren nicht ausreichen, um ein Haufwerk mit dem größten wirtschaftlichen Nutzen zu verarbeiten. Man wird in der modernen Aufbereitungspraxis, besonders bei der Behandlung von komplexen Erzen, selten Aufbereitungen

1) Flotationsblende = durch Flotation erzeugtes Zinkkonzentrat, Waschblende = durch Naßmechanik erzeugtes Zinkkonzentrat.

finden, die sich nur auf ein Verfahren, wie z. B. die Naßmechanik oder die Flotation, oder bei der Behandlung von Golderzen nur auf die Laugung beschränken.

Es lassen sich verschiedene Fälle unterscheiden: Zu einem Verfahren, das die Rolle eines Haupt- oder Grundverfahrens spielt, wird ein Hilfsverfahren herangezogen.

Dies kann sich auf verschiedene Produkte erstrecken, d. h. in seinem prozentualen Anteil veränderlich sein. Man kann beispielsweise bei einem naßmechanisch behandelten Haufwerk nur die Schlämme flotieren und dann darüber hinaus die Flotation auf die Mittelprodukte erstrecken, bis man schließlich zur Allflotation kommt, die dann natürlich eine vorherige naßmechanische Behandlung erübrigt.

Es ist möglich, ein Haufwerk durch Flotation als Grundverfahren zu behandeln, an das sich beispielsweise bei Golderzen die Laugung der Flotationskonzentrate oder von Teilen der Flotationsabgänge anschließt, also auch der prozentuale Anteil des Laugeverfahrens am Grundverfahren Flotation veränderlich ist.

Die Aufgabe der Untersuchungen besteht nun darin, festzustellen, welche Mengenbeteiligung des Hilfsverfahrens den größten wirtschaftlichen Erfolg bringt.

Ferner besteht die Möglichkeit, daß sich an ein Grundverfahren mehrere voneinander abhängige Hilfsverfahren etwa gemäß nachstehendem Schema anschließen. Die Hilfsverfahren können in ihrer prozentualen Beteiligung am Aufbereitungsprozeß untereinander und auch, bezogen auf das Hauptverfahren, variabel sein. Um für diesen Fall das Optimum zu ermitteln, ist es erforderlich, die einzelnen Verfahren gruppenweise zu

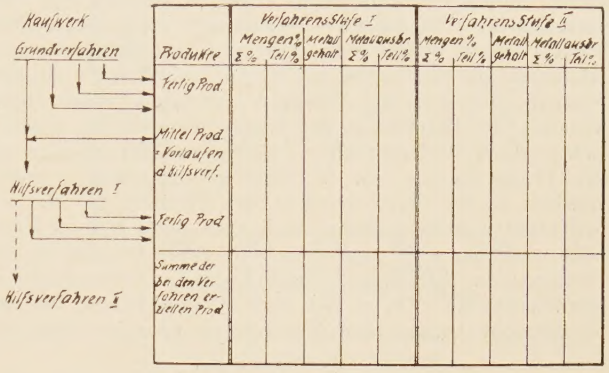
Grundverfahren
↓
Hilfsverfahren I
↓
Hilfsverfahren II
↓
Hilfsverfahren III

untersuchen, und zwar derart, daß man zunächst das Hilfsverfahren I in Abhängigkeit vom eigentlichen Grundverfahren, aber ohne Berücksichtigung der weiter angeschlossenen Hilfsverfahren untersucht. Nach Ermittlung des Optimums ergibt sich die Menge und die stoffliche Zusammensetzung des Vorlaufens für das Hilfsverfahren I. Es kann dasselbe als Grundverfahren für das Hilfsverfahren II angesehen werden und in analoger Weise das Optimum festgestellt werden. Dasselbe gilt für die sich weiter anschließenden Verfahren. Fälle, in denen sich an das Grundverfahren nebeneinander zwei oder mehrere Hilfsverfahren anschließen, deren mengenmäßige Beteiligung am Aufbereitungsgange in gewissen Grenzen variabel ist, sind theoretisch wohl möglich, kommen praktisch aber kaum jemals vor. In solchen Ausnahmefällen muß dann die Ermittlung des wirtschaftlichen Optimums dadurch vorgenommen werden, daß zunächst der Einfluß der wechselnden Beteiligung jedes Verfahrens für sich festgestellt wird und das Optimum beim Zusammentreffen beider Verfahren empirisch ermittelt wird. Die Grenzen der wechselnden Beteiligungsmöglichkeit sind dadurch gegeben, daß der Anteil des Hilfsverfahrens a + dem Anteil des Hilfsverfahrens b + dem Anteil der im Grundverfahren ausgeschiedenen Fertigprodukte = 100 sein müssen. Eine weitere Diskussion dieses mehr theoretischen Falles soll im Rahmen dieser Arbeit unterbleiben.

d) Auswertung der technischen und wirtschaftlich erzielbaren Ergebnisse.

1. Ermittlung des technischen und wirtschaftlichen Optimums in Abhängigkeit von der prozentualen Beteiligung des oder der Hilfsverfahren am Grundverfahren bei festem Metallpreis.

Stehen nun auf Grund der im vorstehenden gemachten Ausführungen mehrere Aufbereitungsverfahren oder Verfahrenskombinationen zur Wahl und sind auf Grund der erforderlichen eingehenden Aufbereitungsversuche Verfahrensstammbäume entwickelt, so werden zunächst die technischen Ergebnisse in Tabellen zusammengestellt. Um eine gute Übersichtlichkeit und leichte Verständlichkeit derselben zu ermöglichen, werden die Tafeln etwa nach nachstehendem Schema angefertigt.



Der schematische Stammbaum an der Kopfseite der Tafel zeigt die im einzelnen Verfahren anfallenden Produkte. In den senkrechten Hauptspalten werden die technischen Ergebnisse der einzelnen Verfahrenskombination aufgeführt, die durch Mengenausbringen, Metallgehalt sowie Metallausbringen hinreichend bestimmt sind.

Um eine Übersicht über die in den einzelnen Teilverfahren erzielten Mengenausbringen und Metallausbringen zu ermöglichen, sind die diesbezüglichen Spalten unterteilt. Der im Teilverfahren verarbeitete Rohstoffanteil ist in der „Teilspalte" gleich 100 gesetzt, während die in der mit dem Σ-Zeichen versehene Spalte aufgeführten Zahlen alle auf die der Verfahrenskombination vorgelaufene Rohstoffmenge bezogen sind.

Um zu veranschaulichen, welche Produkte eines Grundverfahrens bei der variablen Beteiligung des oder der Hilfsverfahren am gesamten Aufbereitungsgange durch diese behandelt werden, sind Blockdiagramme aufzustellen, etwa in der Art von Bild 1.

Dieses Schema ist dem Setzvorgang entlehnt. Block A zeigt die Trennung im Grundverfahren, wie sie sich beispielsweise bei der naßmechanischen Behandlung eines

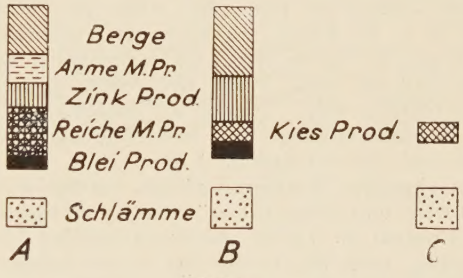


Bild 1.

Haufwerkes bei einmaligem Durchwaschen der einzelnen Korngrößen ergibt, d. h. bei der Verarbeitung im sogenannten „Grubenkleinsystem". Das ist das System, wo das geförderte Haufwerk, sofern dies seiner Art nach überhaupt möglich ist, ohne besonderen, weitgetriebenen Aufschluß gewaschen wird. Die Höhe der einzelnen Schichten entspricht den Mengenprozenten der einzelnen bei diesem Arbeitsgang anfallenden Produkte. Block B zeigt alsdann die Trennung des Haufwerks unter Zuhilfenahme der Mittelproduktensysteme, wobei sich gewisse Verschiebungen im Mengenanteil der Produkte ergeben. Block C schließlich bringt den in der jeweiligen Verfahrenskombination durch das Hilfsverfahren behandelten Haufwerksanteil zur Darstellung. Diese Blockdiagramme

lassen sich selbstverständlich in analoger Weise auch auf mehrere Hilfsverfahren ausdehnen.

Nachdem nun in der angedeuteten Weise die technischen Ergebnisse zusammengestellt sind, werden die wirtschaftlichen Ergebnisse der einzelnen Verfahrenskombinationen untersucht.

Aus der Literatur sind eine Reihe von Formeln bekannt, die zur Ermittlung des Erfolges von Aufbereitungen dienen sollen und mit deren Hilfe es möglich sein soll, verschiedene Verfahren miteinander zu vergleichen. Diese Formeln gehen aber teilweise von falschen Voraussetzungen aus und haben bei weitem nicht den Geltungsbereich, den ihre Benennungen vermuten lassen; beim Versuch, die Formeln in der Praxis anzuwenden, ergaben sich vielfach Widersprüche. In jüngster Zeit ist zwar aus der Praxis heraus ein Versuch unternommen worden, Klarheit in die Verworrenheit der Formeln für die Erfolgsermittung zu bringen, doch sind diese Bestrebungen noch nicht so weit zum Abschluß gebracht, daß in der vorliegenden Arbeit auf diese Formeln zurückgegriffen werden könnte. Da es sich nun im allgemeinen bei den in Betracht kommenden Vergleichen stets um ein und

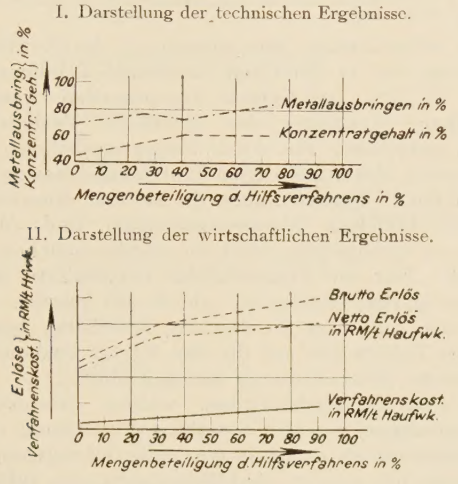


Bild 2.

dasselbe, nur in kleinen Grenzen veränderliche Roherz handelt, ist es nicht nötig, mit den Relativwerten, wie sie die Formeln ergeben, zu rechnen, sondern es genügt und trägt zur Klärung des Bildes bei, wenn nur die absoluten Zahlen, d. h. die Erlöse abzüglich der Verfahrenskosten, bezogen auf die Tonne Haufwerk, miteinander verglichen werden, und auf diese Weise der größte wirtschaftliche Erfolg ermittelt wird. Hierzu ist zunächst erforderlich, unter Berücksichtigung der handelsüblichen Verkaufsformeln und der Frachtsätze [2]), die Erlöse für sämtliche bei den einzelnen Verfahrensgängen erzeugten Produkte zu ermitteln und diese Erlöse, zunächst bezogen auf die Tonne Produkt, in Tafeln zusammenzustellen. Es dürfte zweckmäßig sein, die Erlöse bei verschiedenen Metallpreisen zu ermitteln.

Auf Grund dieser Unterlagen und der aus den tafelmäßigen Metallbilanzen entnommenen Mengen - Prozente der einzelnen Produkte lassen sich sodann die auf die Tonne Haufwerk bezogenen Bruttoerlöse ermitteln, die sich bei den verschiedenen Verfahrenskombinationen und Metallpreisen ergeben. Zweckmäßig werden diese Zahlen auch tabellarisch zusammengefaßt.

Die Verfahrenskosten werden gleichfalls in Tafeln aufgeführt, und zwar so, daß sofort übersehen werden kann, welchen Anteil jedes einzelne Verfahren am Gesamtverfahren hatt. Von den zuvor erwähnten Bruttoerlösen sind nun zur endgültigen Beurteilung der Wirtschaftlichkeit die Verfahrenskosten je Tonne Rohstoff abzusetzen.

Bei den sich so ergebenden Nettoerlösen je Tonne Haufwerk sind allerdings die Grubenkosten sowie die allgemeinen Werkskosten nicht mit berücksichtigt. Diese können aber da, wo es sich nur um den Vergleich der Wirtschaftlichkeit verschiedener Aufbereitungsmethoden handelt, außer Betracht gelassen werden. Selbst bei Trennung des Haufwerks in der Grube in zwei Sorten zwecks getrennter aufbereitungstechnischer Behandlung dürften die Grubenkosten in den meisten Fällen keine wesentlichen Unterschiede aufweisen.

Da tafelmäßige Zusammenstellungen allein wenig anschaulich sind, empfiehlt es sich, die Hauptdaten der in den Tafeln zusammengestellten technischen und wirtschaftlichen Ergebnisse graphisch darzustellen.

Diese graphischen Darstellungen sind etwa nach den Schemen I und II in Bild 2 anzulegen.

Bei beiden Schaubildern sind auf der Abszisse die Mengenprozente aufgetragen, mit denen das Hilfsverfahren am Grund- oder Hauptverfahren beteiligt ist. Gemäß der auf S. 9 gemachten Ausführungen wird in diesem Falle von der gleichzeitigen Beteiligung zweier Hilfsverfahren nebeneinander am Hauptverfahren abgesehen. Bei Punkt 0 sind die Ergebnisse dargestellt, die mit dem Grundverfahren ohne Beteiligung des Hilfsverfahrens erzielbar sind; bei den folgenden Punkten die Ergebnisse der einzelnen Verfahrenskombinationen, und bei Punkt 100 scheidet das Grundverfahren schließlich aus und wird das Hilfsverfahren dann zum einzigen Verfahren. Hierzu sei noch bemerkt, daß bei dieser Darstellung angenommen wird, daß das Grundverfahren in allen Fällen, also bis zu seiner Ausscheidung aus der Kombination immer von dem gesamten Rohstoff beaufschlagt wird.

Bei dem die technischen Ergebnisse betreffenden Schaubild (Bild 2, I) werden auf den Ordinaten Metallausbringen sowie Metallgehalte, und auch, falls erwünscht, das Mengenausbringen der einzelnen in der Verfahrenskombination anfallenden Produkte angezeigt.

In der Darstellung der wirtschaftlichen Ergebnisse (Bild 2, II) dagegen geben die Ordinaten die Bruttoerlöse der verschiedenen Produkte, die Verfahrenkosten und die Nettoerlöse in *RM*/t Haufwerk an. Aus dem Verlauf der Nettoerlöskurve ist dann ohne weiteres das wirtschaftliche Optimum ablesbar.

2. Gegenüberstellung der wirtschaftlichen Ergebnisse einzelner Verfahren oder Verfahrenskombinationen in Abhängigkeit vom Metallpreis.

Da dieses Optimum aber nur für einen bestimmten Metallpreis gilt und sich unter Umständen mit dem Metallpreis verschieben, d. h. bei anderer Mengenbeteiligung des Hilfsverfahrens auftreten kann, muß man, um bei der Wahl des einzuschlagenden Aufbereitungsganges ganz sicher zu gehen, die Untersuchungen auch unter Berücksichtigung veränderlicher Metallpreise vornehmen. Zu diesem Zwecke bedient man sich nach vorheriger tafelmäßiger Zusammenstellung ebenfalls wieder der graphischen Darstellung, etwa in der Art von Bild 3. Dieses Schema bezieht sich nur auf einmetalliges Haufwerk.

Die auf der Ordinate aufgetragenen Nettoerlöse sind eine Funktion der auf der Abszisse angegebenen Metallpreise. Diese Funktion ist infolge der Proportionalität zwischen Nettoerlös und Metallpreis eine gerade Linie. Schon eine kurze Vorprüfung der sich aus den Tafeln ergebenden Nettoerlöse wird zeigen, ob die zwischen zwei Verfahren bei veränderlichen Metallpreisen sich ergebenden Differenzen der Erlöse gleich bleiben bzw. sich nur wenig ändern oder starken Veränderungen unterworfen sind. Im ersten Fall würde man daraus ersehen, daß das Verfahren A dem Verfahren B in den in Frage kommen-

2) Vgl. das Beispiel auf S. 8, besonders auch hinsichtlich der Frachtkosten.

den Grenzen dauernd überlegen ist, und es dürfte sich daher für diesen Fall eine graphische Darstellung und Untersuchung erübrigen, da man nur zwei parallele oder ganz schwach divergierende Linien bekommen würde. Anders liegen die Verhältnisse aber in dem Falle starker Veränderungen der Erlösdifferenzen. Es ergeben sich dann bei der graphischen Darstellung kon- bzw. divergierende Linien, deren Schnittpunkte es zu ermitteln gilt, um die wirtschaftliche Untersuchung erschöpfend durchzuführen. Hierzu ist noch zu bemerken, daß besonders unterschiedliche Kosten zweier Verfahren den Schnittpunkt divergierender Bruttoerlöskurven in den Bereich der geltenden Metallpreise rücken können. Dieser Fall tritt in den später noch zu diskutierenden Kurven (Bild 13 und 14) ein.

In der schematischen Skizze schneiden sich beispielsweise die Verfahrenslinien A und C im Punkte 1. Dies besagt, daß bis zu einem Metallpreise von 235 ℳ/1000 kg das Verfahren oder die Verfahrenskombination C dem Verfahren A wirtschaftlich überlegen ist. Bei dem genannten Metallpreis sind sich beide Verfahren gleich, während oberhalb dieses Preises das Verfahren A die größeren wirtschaftlichen Vorteile bietet. Für den Schnittpunkt 2 der Verfahrenslinien B und C gilt das gleiche.

Daß sich zwei Verfahren oder Verfahrenskombinationen bei veränderlichem Metallpreis auch in ihrer absoluten Wirtschaftlichkeit gegeneinander verschieben, also erst das eine dem anderen überlegen ist und nachher umgekehrt, dürfte beispielsweise bei Zinkerzen darauf zurückzuführen sein, daß bei niedrigem Metallpreis der Konzentratgehalt von maßgeblichem Einfluß auf den Erlös der Tonne Haufwerk ist und das Metallausbringen einen geringen Einfluß hat. Bei höheren Metallpreisen dagegen gewinnt infolge des höheren Wertes der Einheit Metall das Ausbringen in stärkerem Maße an Einfluß auf die Wirtschaftlichkeit (vgl. K. Patzschke: Met. u. Erz 29 [1932] S. 41).

Die vorstehend dargelegten Vergleichsmöglichkeiten der als Funktion des Metallpreises veränderlichen Wirtschaftlichkeit zweier Verfahren oder Verfahrenskombinationen bezogen sich nur auf einmetalliges Haufwerk. Sind nun, wie häufig in der Natur, zwei Metalle in dem zu untersuchenden Rohstoff vorhanden, und differieren deren Metallpreise, wie das ja wohl meist der Fall ist, so sind zunächst die Nettoerlöse der Verfahrenskombination I bei festem Preis beispielsweise des Metalles a und veränderlichem Preis des Metalles b zu berechnen und graphisch darzustellen. Bei normalen Verkaufsformeln wird sich dabei stets eine Gerade ergeben. Alsdann nimmt man für das Metall a einen nächst höheren Preis an und errechnet sich wieder die Nettoerlöse als Funktion des Metallpreises b. Dies wiederholt man so oft, als für den Untersuchungsbereich erforderlich ist, d. h. bis zu einem Metallpreis für Metall a, den man noch für die Untersuchungen in Betracht ziehen zu müssen glaubt. Für die Verfahrenskombination II, die man mit der Kombination I vergleichen will, stellt man sodann die gleichen Berechnungen an. Trägt man sämtliche Geraden graphisch auf, so ergibt sich etwa nachstehend schematisches Schaubild (Bild 4).

Die Schnittpunkte der Kurvenscharen gestatten nun, für die verschiedensten Preise beider Metalle abzulesen, wo die Wirtschaftlichkeit beider Verfahren gleich bzw. das eine Verfahren dem anderen überlegen ist und umgekehrt. In Fällen, wo die Metallpreise keine abgerundeten Werte sind, sondern zwischen den dargestellten Geraden liegen, lassen sich die Schnittpunkte durch Interpolieren ermitteln.

Betrachtet man in diesem Zusammenhange nochmals das Schaubild (Bild 3) in dem die Ergebnisse der Verfahren A, B und C als Funktion des Metallpreises dargestellt sind, so taucht die Frage auf: Wie verschieben sich die Schnittpunkte 1 und 2, wenn es sich um ein zweimetalliges Haufwerk handelt, bei dem der Preis für Metall b ein anderer ist als für Metall a und außerdem unabhängig von diesem veränderlich ist?

Eine Änderung des Preises vom Metall b bewirkt eine parallele Verschiebung der Linien A, B und C. Eine derartige Parallelverschiebung kann eine Verlagerung der

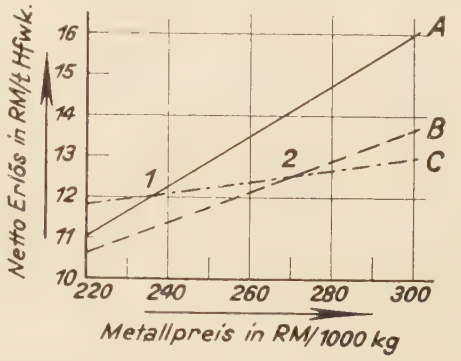


Bild 3. Darstellung der wirtschaftlichen Ergebnisse als Funktion des Metallpreises.

Schnittpunkte herbeiführen, wenn die Verschiebung nicht für alle Verfahrenskennlinien die gleiche, sondern eine unterschiedliche ist. Dieser Fall kann eintreten, wenn der Erlös für das aus einer Tonne Haufwerk erzeugte Konzentrat des Metalles b bei den einzelnen Verfahrenskombinationen unterschiedlich ist. Sind nur verhältnismäßig kleine Unterschiede im Erlös vorhanden, so werden sich die Schnittpunkte nur unwesentlich in Abhängigkeit vom Metallpreise b verschieben. In diesem Falle dürften sich die Untersuchungen über den Einfluß des Preises für Metall b auf die Über- oder Unterlegenheit des einen oder anderen Verfahrens erübrigen. Der Einfluß des Metallpreises b auf den Gesamterlös in ℳ/t Haufwerk kann auch dadurch sehr klein werden, daß das Metall b mengen- bzw. wertmäßig im Vergleich zu dem anderen Metall des Haufwerks nur sehr gering ist. Auch hier würde sich dann eine getrennte Untersuchung erübrigen, weil selbst unterschiedliche Erlöse für Metall b in den einzelnen Verfahrenskombinationen den Gesamterlös des Verfahrens nur unwesentlich beeinflussen.

Für den Fall, daß nun zwei Metalle wertmäßig annähernd zu gleichen Teilen in einem Haufwerk vorhanden sind, und falls sich bei den einzelnen Verfahrenskombinationen große Unterschiede in den Erlösen eines der Metalle ergeben, sind die Untersuchungen mit Hilfe von Kurvenscharen durchzuführen. Aus diesen Untersuchungen ergibt sich die jeweilige Verlagerung der Schnittpunkte und damit bei gegebenem Metallpreis b der

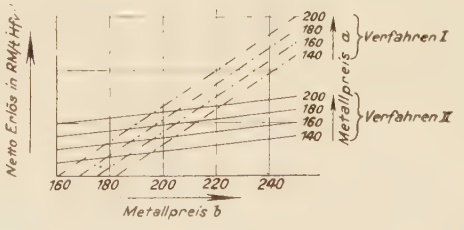


Bild 4. Darstellung der wirtschaftlichen Ergebnisse als Funktion des Metallpreises bei zweimetalligem Haufwerk.

jeweilige Preis des Metalles a, bei dem das eine dem anderen Verfahren über- oder unterlegen ist.

Bei Vorhandensein von mehr als zwei Metallen würden die graphischen Darstellungen derartig verwickelt, daß man besser das jeweilige wirtschaftliche Optimum bei den in Frage kommenden Metallpreisen rechnerisch ermittelt.

Handelt es sich um die Trennung eines Haufwerks in der Grube in zwei Sorten die nach getrennten Verfahren behandelt werden, so kann man die Wirtschaftlichkeit dieser Trennung an analoger Weise in Abhängigkeit vom Metallpreis untersuchen und dabei feststellen, ob eine Trennung bei allen Metallpreisen oder erst von einem gewissen Metallpreis an wirtschaftliche Vorteile bietet.

II. Die Durchführung der zuvor dargelegten Untersuchungen am Beispiel der Deutsch-Bleischarley-Erze.

Nachdem im Vorstehenden allgemeine Richtlinien für die Ermittlung des größten wirtschaftlichen Erfolges von Aufbereitungsmethoden aufgestellt worden sind, sollen die Ausführungen an dem Beispiel der Bleischarley-Erze durchgeführt und näher erörtert werden.

a) Die mineralogischen Eigenschaften der Bleischarley-Erze.

Die aus der metasomatischen Blei-Zinkerzlagerstätte stammenden Bleischarley-Erze enthalten als Hauptbestandteile Bleiglanz, Zinkblende, Eisenkies (Pyrit und Markasit) und Galmei. Daneben treten noch eine Reihe von akzessorischen Erzmineralien auf, wie Weißbleierz, Jordanit, Meneghinit und andere, die jedoch von untergeordneter wirtschaftlicher Bedeutung sind. Das beibrechende Nebengestein ist Dolomit. Das Vorhandensein von Galmei und Weißbleierz deutet darauf hin, daß gewisse Teile der Lagerstätte einer Oxydation unterworfen gewesen sind. Die hierdurch hervorgerufene Änderung des Erzcharakters spielt für die Aufbereitung der Erze eine wichtige Rolle.

Wenn auch in der Lagerstätte nicht scharfe Grenzen zwischen sulfidischen und oxydischen Erzen bestehen, sondern meistens gewisse Übergänge vorhanden sind, so ist an sich doch in gewissem Maße eine regionale Begrenzung beider Erzsorten gegeneinander festzustellen, die es gestattet, gegebenenfalls auf Grund dieser Unterschiede eine nach Erzsorten getrennte Förderung vorzunehmen. Im folgenden soll das Haufwerk, das aus den vorwiegend sulfidischen Erzpartien stammt, als „Blendehaufwerk", das aus den oxydischen Teilen stammende als „Galmeihaufwerk" bezeichnet werden. Sieht man von einer getrennten Gewinnung und Förderung dieser Sorten ab, so wird von „Rohhaufwerk" gesprochen.

Um eine Übersicht über die im Bleischarley-Haufwerk auftretenden Mineralien zu geben, sind dieselben nach stofflichen Gesichtspunkten geordnet auf der Tafel 1 aufgeführt. Die Angaben über chemische Zusammensetzung, Metallgehalt und spezifisches Gewicht sind theoretische Werte, die lediglich zu Vergleichszwecken gebracht sind. Die Angaben über Beimengungen fremder Stoffe stammen aus mehrjährigen Untersuchungen des Laboratoriums der Deutsch-Bleischarley-Grube und beziehen sich auch nur auf aus dem Haufwerk herauspräparierte Mineralien. Auf Grund der Ausbildungsform sowie der physikalischen, physikalisch-chemischen und chemischen Eigenschaften der Mineralien ergeben sich für die Bleischarley-Erze zwangsläufig drei Aufbereitungsverfahren, nämlich die Naßmechanik einschließlich Handscheidung, die Flotation und das Wälzverfahren. Für jedes in der Tafel aufgeführte Mineral ist ein Werturteil bezüglich seiner Aufbereitbarkeit durch das eine oder andere der genannten Verfahren abgegeben.

Tafel 1. Die in den Erzen der Deutsch-Bleischarley-Grube vorkommenden Mineralien.

Mineralien	Chem. Zusammensetzung	Metallgehalt	Spezifisches Gewicht	Beimengung fremder Stoffe	Ausbildungsform:	Aufbereitbarkeit beruhend auf Eigenschaften: Physikalischen Handscheidung	Physikalischen Naßmechanik	Physikal.-chemischen Flotation	Chemischen Wälz
A. Bleiträger:									
1. Bleiglanz	PbS	86,6 % Pb	7,3 – 7,6	geringe Mengen Ag 100 g/t	teils derb, teils verwachsen mit anderen Mineralien.	bedingt gut	gut	gut	bedingt gut
2. Weissbleierz (Cerussit) / Schwarzbleierz	$PbCO_3$	78,0 % Pb	6,4 – 6,6	———	meist als feiner Überzug auf Bleiglanz, besonders in den der Oxydation unterworfenen Teilen der Lagerstätte, teilweise auch in feinen Kristallen auf Hohlräumen, bisweilen auch in derben Stücken von Taubeneigröße.	——	bedingt geeignet	ungeeignet	bedingt gut
3. Meneghinit / Jordanit	$Pb_4Sb_2S_7$ / $Pb_4As_2S_7$	untergeordnete Bedeutung			meist mit Bleiglanz und dunkler Blende verwachsen.	——	gut	gut	bedingt gut
B. Zinkträger:									
4. Zinkblende	ZnS	67,0 % Zn	3,9 – 4,2	Cd bis 0,25 % Fe " 3,00 % As " 0,25 %	teils derb, häufig stark porös, besonders bei Übergängen zu Galmei, stellenweise mit Bleiglanz und Kies verwachsen. Häufig als dünne Schalen und Krusten auf Dolomit, teilweise Schalenblende	bedingt geeignet	mittelmäßig	gut	bedingt gut
5. Galmei	$ZnCO_3$	52 % Zn	4,1 – 4,5	Cd, Fe, Ca, Mg	meist als galmeihaltiger Dolomit auftretend, selten derb, meist löchrig-porös, eisenschüssig, verwachsen mit Zinkblende und Bleimineralien. Teilweise Krusten von reinem Galmei, dem sich zuweilen auch Kieselzinkerz zugesellt	bedingt geeignet	wenig geeignet	ungeeignet	gut
6. Kieselzinkerz	$H_2Zn_2SiO_5$	54,2 % Zn	untergeordnete Bedeutung		——	——	wenig geeignet	ungeeignet	gut
C. Kiese:									
7. Pyrit	FeS_2	46,6 % Fe 53,4 % S	4,9 – 5,2	bei 43,6 % Fe und 47,3 % S Pb bis 2 % Zn " 2 % As " 5 %	selten derb, meist porös, schaumig, „Schaumkies", innig verwachsen mit Blei- und Zinkmineralien	bedingt geeignet	mittelmäßig	gut	ungeeignet
8. Markasit	FeS_2	46,6 % Fe 53,4 % S	4,9 – 5,2	bei 44,71 % Fe und 52,2 % S Zn bis 0,5 % As " 0,1 %	meist derb in strahligen Aggregaten (Strahlkies), teilweise auch verwachsen mit Bleiglanz und „Schalenblende".	bedingt geeignet	mittelmäßig	gut	ungeeignet
D. Nebengestein:									
9. Dolomit	$(CaMg)CO_3$	——	2,85 – 2,95	teilweise eisenschüssig, stets geringe Mengen Pb und Zn enthaltend, die bis zu 0,25 % Pb und 1,25 % Zn steigen können	meist derb, jedoch auch teilweise kavernös	gut	gut	gut	gut

Dies bezieht sich natürlich stets auf das betreffende Mineral im Verbande mit den übrigen Haufwerksgemengteilen.

Die abgegebenen Werturteile sind noch wie folgt zu erläutern: Bleiglanz: Handscheidung — bedingt gut. Trotzdem 35 Mengen-Prozent des Haufwerks für Handscheidung geeignet sind, können nur 0,13 Mengen-Prozent Bleiglanz durch Klaubung gewonnen werden, da der größte Teil des Bleiglanzes in den in Frage kommenden Korngrößen noch zu stark mit Kies, Zinkblende oder Galmei verwachsen ist.

Wälzen — bedingt gut. D. h. an sich ist die Verflüchtigung von Bleimineralien durchaus bei jedem Metallgehalt bis zu maximal 30 % Pb mit dem Wälzverfahren durchführbar. Steigt der Bleigehalt über diesen Betrag, so kann eine Röstreaktion eintreten, wobei unerwünschte Metallverluste auftreten. Bei den oberschlesischen Erzen, in denen ja außer Blei auch noch Zink vorkommt, ist es im Interesse einer guten Verflüchtigung des Bleis im sogenannten Klinkerprozeß (vgl. S. 7) erwünscht, daß der Bleigehalt des Wälzvorlaufens den Betrag von 4 % nicht übersteigt. Andernfalls findet eine ungenügende Entbleiung des Zinkoxydes statt.

Weißbleierz (bzw. Schwarzbleierz): Naßmechanik — bedingt geeignet, d. h. nur ein Teil dieser Mineralien ist auf Setzmaschinen gewinnbar, sofern dieselben in körnigen Aggregaten bzw. auf Klüften und Hohlräumen der Bleiglanzindividuen vorkommen. Für die Behandlung genannter Mineralien durch den Wälzvorgang gilt das gleiche wie für Bleiglanz.

Flotation — ungeeignet. Wenn man theoretisch die Bleikarbonatmineralien durch Sulfidisierung für die Flotation geeignet machen kann und dies auch schon auf manchen Betriebsanlagen andernorts mit bestem Erfolg durchgeführt hat, so ist bei den Bleischarley-Erzen eine Sulfidisierung von Bleikarbonatmineralien praktisch nicht möglich. Einmal enthalten die zu flotierenden Schlämme des Haufwerks große Mengen feinster Schlamm- und Lettenteilchen, die die Sulfidisierungsmittel restlos absorbieren, und zum anderen wird durch die sich aus dem Schwefelkies und seinen Verwitterungsprodukten dauernd abspaltende schweflige Säure jede Sulfidisierung illusorisch gemacht. Eingehende Versuche in dieser Richtung haben ergeben, daß eine Sulfidisierung und anschließende Flotation der Bleikarbonatpartikelchen erst möglich wird, nachdem die Trübe entschlämmt ist. Da aber gerade beim Entschlämmen — auch wenn dies noch so sorgfältig geschieht — etwa 70 % der feinen Bleikarbonatmineralien mit den Feinschlämmen gemeinsam abgetrieben werden, hat diese Methode keine praktische Bedeutung.

Meneghinit, Jordanit: Für die Verarbeitung dieser Mineralien durch Wälzen gilt dasselbe wie für die übrigen Bleimineralien.

Zinkblende: Handscheidung — bedingt geeignet. Wenn auch in der Bleischarley-Lagerstätte größere Partien von derber Zinkblende mit 50 bis 52 % Zink anstehen, die teilweise recht grobstückig als Haufwerk hereingewonnen werden, so enthält diese sogenannte „Rohblende" doch noch 4 bis 6 % Pb in Form von mehr oder weniger fein verwachsenem Bleiglanz. Um nicht unnötige Bleiverluste zu haben, empfiehlt es sich daher, von einer Gewinnung solcher Blenden durch Handscheidung Abstand zu nehmen.

Die bleiarmen Blenden, die für die Klaubung wohl geeignet sind, auf Lesetischen auszuhalten, dürfte sich wegen ihres unregelmäßigen und geringen Erfalls nicht rentieren.

Naßmechanik — mittelmäßig. Ist es auch möglich, die Zinkblende naßmechanisch auf Konzentrate von 44 bis 45 % Zn zu bringen, so ist dieser Gehalt, gemessen an den höheren Zinkkonzentratgehalten anderer Aufbereitungsverfahren, nur als mittelmäßig zu bezeichnen, besonders, wenn man den Verkaufswert der Einheit Zink im Konzentrat berücksichtigt. Eine höhere Anreicherung ist mit den Methoden der Naßmechanik bei der Eigenart der oberschlesischen Blei-Zinkerze nicht möglich. Bestehen auch theoretisch beträchtliche Unterschiede in den spezifischen Gewichten der einzelnen Haufwerksgemengteile, so verwischen, ja überschneiden sich dieselben in der Praxis. Dies trifft in großem Umfange für die Kiesmineralien zu, die infolge ihrer löcherig-porösen Beschaffenheit mit den Blendemineralien gleich fällig sind, demgemäß sich mit denselben im Konzentrat vermischen und die Zinkgehalte drücken. Auch die Blende, besonders soweit sie aus den Übergängen der sulfidischen zur oxydischen Lagerstätte stammt, hat häufig eine löcherig-poröse Beschaffenheit. Dies hat zur Folge, daß derartige Blendeteilchen das gleiche Volumengewicht wie der graue Dolomit haben und mit in die Berge der Setzmaschinen wandern, wo sie Metallverluste verursachen. Will man diese vermeiden, so bleibt nichts anderes übrig, als einen Teil des Dolomits, besonders des spezifisch schweren ankeritartigen Dolomits, mit in die Blendekonzentrate zu nehmen, wodurch der Zn-Gehalt der Zinkprodukte abermals erniedrigt wird.

Wälzen — bedingt gut: An sich eignet sich Zinkblende zur Verflüchtigung im Wälzofen, soweit im Vorlaufen keine Eisenverbindungen vorliegen. Da aber in den Bleischarley-Erzen größere Mengen von Eisen in Form von FeS_2 bzw. Brauneisenverbindungen enthalten sind, besteht die Gefahr, daß das Eisen zusammen mit dem aus der Blende freiwerdenden Schwefel einen „Eisenstein" bildet. Bei größeren Blendemengen im Vorlaufen kann diese Steinbildung im Wälzofen Ansätze hervorrufen, die den Ofengang und damit die Ofenleistung so stark beeinträchtigen, daß der Prozeß technisch nicht mehr durchführbar ist. Im allgemeinen soll der an Zinkblende gebundene Zinkgehalt im Wälzvorlaufen den Betrag von 3 bis 4 % Zn, was einem S-Gehalt von 1,5 bis 2 % entspricht, nicht übersteigen. Bemerkenswert ist, daß die oberschlesische Zinkblende meist etwas Kadmium in Form von CdS enthält, das in isomorpher Mischung mit der Blende vorliegt. Die bei der Aufbereitung der Erze anfallenden Zinkkonzentrate weisen Kadmiumgehalte von 0,18 bis 0,24 % Cd auf.

Galmei: Handscheidung — bedingt geeignet. Wenn hier und im folgenden von Galmei die Rede ist, so ist dazu zu bemerken, daß es sich nicht um mineralogisch reinen Galmei, sondern um galmeihaltigen Dolomit handelt, dessen Zinkgehalt von 5 bis 35 % Zn schwankt. Im allgemeinen zeichnen sich diese galmeihaltigen Dolomite durch eine ockergelbe Farbe aus, bedingt durch einen geringen Gehalt an Brauneisen, der mit dem Zinkgehalt von schwachgelber bis zu tiefbrauner Färbung zunimmt. Hierdurch unterscheidet sich der Galmei schon äußerlich von den anderen Haufwerksgemengteilen und ist für die Handscheidung geeignet, sofern er nicht mit Bleiglanz, Zinkblende oder Schwefelkies verwachsen ist. Da sich jedoch für die Weiterverarbeitung des Galmeis Material mit Gehalten unter 10 % Zn nicht lohnt, besteht die Schwierigkeit darin, den Gehalt der Stücke bei der Klaubearbeit mit Hilfe ihres Gewichtes und ihrer Farbe zu schätzen, was aber erfahrungsgemäß mit einiger Übung ganz gut möglich ist.

Kieselzinkerz: Hier gilt das gleiche wie für Galmei.

Pyrit und Markasit: Handscheidung — bedingt geeignet. Der Kies ist mit fein verteilten Blei- und Zinkmineralien verwachsen, so daß der durch Handscheidung gewinnbare Stuffkies immer Gehalte von 1 bis 1,5 % Pb und 12 bis 13 % Zn aufweisen wird, die als Verluste zu buchen sind.

Naßmechanik — mittelmäßig: Wie bereits bei der Zinkblende ausgeführt wurde, überschneiden sich die spezifischen Gewichte von Kies- und Blende-

mineralien bei den Bleischarley-Erzen, so daß eine Trennung auch bei subtilster Klassierung und anschließend vorsichtigster Setzarbeit immer unvollkommen bleibt. Es gelingt, nur einen kleinen Teil der im Haufwerk enthaltenen Kiese in einem Kieskonzentrat, den sogenannten „Waschkies", herauszuschneiden. Dieser hat im Durchschnitt etwa folgende Zusammensetzung:

14 bis 17 % Zn, 4 bis 5 % Pb, 43 bis 44 % S

und ist bei der gegenwärtigen Marktlage unverkäuflich. Die Blei- und Zinkgehalte sind in analoger Weise wie oben als Verlust zu buchen.

Dolomit: Zu den in der Tafel 1 abgegebenen Werturteilen ist nichts hinzuzufügen. Die im Dolomit enthaltenen Blei- und Zinkgehalte sind bedingt durch karbonatische Mineralien dieser Metalle.

b) Die Beschränkung der technisch möglichen Verfahren durch die Absatzfähigkeit der dabei anfallenden Produkte.

Wie sich aus den Werturteilen der Tafel 1 sowie der dazugehörigen Erläuterung ergibt, kommen für die Verarbeitung der Bleischarley-Erze die naßmechanische Behandlung, die Flotation und das Wälzverfahren in Betracht. Da sich gewisse Mineralien mit dem einen Verfahren nicht genügend anreichern lassen oder da, sofern die Anreicherung befriedigend ist, das Ausbringen zu wünschen übrig läßt, kommt man mit einem Verfahren allein gar nicht aus. Man wird daher stets eine Kombination der genannten Verfahren wählen müssen.

In dem vorliegenden Beispiel der Bleischarley-Erze tritt eine Beschränkung in der Auswahl der Verfahrenskombinationen durch die Absatzfähigkeit der dabei anfallenden Produkte nicht ein. Auch die im allgemeinen Teil auf S. 8 an einem Beispiel erörterte Möglichkeit, daß ein Verfahren wegen zu ungünstiger Frachtverhältnisse für die bei ihm erzeugten Produkte ausscheidet, kann hier nicht als gegeben betrachtet werden. Da einerseits infolge des Grenzabkommens mit Polen in Zukunft eine Verhüttung der Erze in Ostoberschlesien ausscheidet, andererseits nicht vorausgesagt werden kann, wohin die anfallenden Aufbereitungsprodukte zur Weiterverarbeitung geschickt, welche Transportmittel benutzt und welche Frachtsätze im einzelnen angewendet werden, mußte auf die Einrechnung der Frachtkosten verzichtet werden.

Wenn man, wie dies hier wohl am richtigsten ist, für sämtliche Produkte der zu vergleichenden Verfahren gleiche Frachtwege und Frachtsätze annimmt, so wirkt sich der Fortfall der Frachtkosten dahin aus, daß bei jedem Vergleich der Wirtschaftlichkeit mehrerer Verfahren diejenigen benachteiligt werden, bei denen infolge höherer Anreicherung ein kleineres Mengenausbringen an Produkten erzielt wird. Bei der späteren Beurteilung der wirtschaftlichen Ergebnisse der einzelnen Verfahrenskombinationen wird hierauf noch Bezug genommen werden.

c) Die Verarbeitung der Deutsch-Bleischarley-Erze.

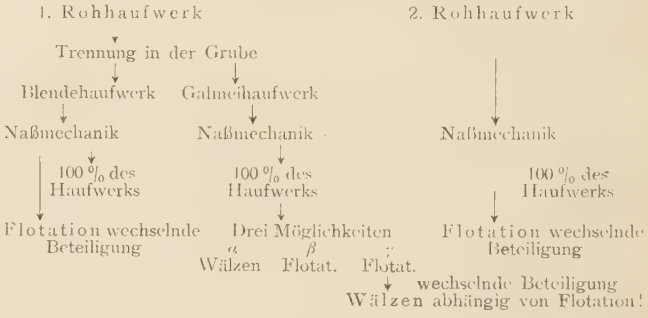
1. Durch Trennung in der Grube.

Bei der zuvor erwähnten Kombination mehrerer Aufbereitungsverfahren wird die Naßmechanik, die nach den in der Tafel 1 abgegebenen Werturteilen in gewissen Grenzen für die Behandlung aller im Bleischarley-Haufwerk vorkommenden Mineralien anwendbar ist, zweckmäßig das Grundverfahren darstellen, dem sich alsdann je nach dem Charakter der Erzkomponenten, d. h. dort, wo es sich vorwiegend um sulfidische Mineralien, also um „Blendehaufwerk" handelt, die Flotation und dort, wo es sich vorwiegend um oxydische Mineralien, also um „Galmeihaufwerk", handelt, das Wälzverfahren anschließt.

Das auf Bleischarley geförderte Haufwerk weist im Durchschnitt Gehalte von 4,5 bis 5,5 % Pb und 23 bis 24 % Zn auf. Wie bereits an früherer Stelle erwähnt wurde, ist es durch die Natur der Lagerstätte möglich, in der Grube die sulfidischen und oxydischen Erzpartien getrennt hereinzugewinnen und zu fördern, was, wie bereits dargelegt, gegebenenfalls für die Aufbereitung der Erze von Vorteil sein kann.

Langzeitliche Untersuchungen haben ergeben, daß bei einer solchen getrennten Förderung etwa 83 % des Haufwerks als Blendehaufwerk mit 4 bis 5 % Pb und 23 bis 24 % Zn und 17 % als Galmeihaufwerk mit 7 % Pb und 20% Zn anfallen. Bei dem Galmeihaufwerk liegen durchschnittlich 22 % des Bleiinhalts und etwa 30 % des Zinkinhalts in Form nichtsulfidischer Mineralien vor, während das Blendehaufwerk nur noch 5 bis 6 % seines Zinkinhalts, dagegen noch etwa 20 % seines Bleiinhalts in nichtsulfidischer Form enthält.

Die als Grundlage für die Ermittlung der technischen und darauf aufbauend zur Ermittlung der wirtschaftlichen Ergebnisse dienenden Versuche sind nun in der zuvor dargelegten Richtung durchgeführt worden. Der Übersichtlichkeit halber ist der Verarbeitungsgang durch nachstehendes Schema versinnbildlicht.



Im Fall 1 beginnt die Aufbereitung bereits mit der Trennung des Haufwerks in der Grube in Blende- und Galmeihaufwerk. Für beide Haufwerke bildet die Naßmechanik das Grundverfahren, das von dem Rohstoff mit 100 % beaufschlagt wird.

α) Blendehaufwerk: Für den Fall, daß die Naßmechanik, soweit es der Natur des Haufwerks nach möglich ist, angewandt wird, ergibt sich für die Behandlung des Blendehaufwerks dann folgendes Verarbeitungsbild. In einem sogenannten Grubenkleinsystem, in dem das Erz, so, wie es aus der Grube kommt, nach einer Vorzerkleinerung auf 80 mm und anschließender Klassierung bis zu etwa 20 mm auf Lesetischen und anschließend bis zu etwa 0,15 mm auf Setzmaschinen behandelt wird, werden bereits Fertigprodukte, wie Waschblei, Waschblende und Berge erzeugt. Diesem Grubenkleinsystem schließen sich zur Behandlung der gleichzeitig anfallenden reichen und armen Mittelprodukte die entsprechenden Mittelproduktensysteme an. Die reichen Mittelprodukte sind ein Gemisch von Bleiglanz-, Schwefelkies- und Zinkblendemineralien, die teilweise noch miteinander verwachsen sind, während das arme Mittelprodukt eine Mischung von Zinkblende, Galmei und Dolomit ist. Zur Verarbeitung des Gutes unter 0,15 mm, d. h. der Schlämme, sind im allgemeinen ausgedehnte Herdwäschen erforderlich. Da die hiermit erzielbaren Ergebnisse aber zu wünschen übrig lassen — die Trennung von Zink- und Kiesmineralien ist sehr unvollkommen und die Metallverluste in den Abgängen sind sehr groß —, ist bei den vorliegenden Untersuchungen von vornherein davon Abstand genommen, eine Verarbeitung auf Herden in den Kreis der Betrachtungen einzubeziehen. Es ist vielmehr für die Schlämme, als den für die naßmechanische Behandlung ungünstigsten Teil des Haufwerks, gleich die Flotation als Veredlungsverfahren in Betracht gezogen worden.

In der Tafel 2 sind nun die technischen Ergebnisse zusammengestellt, die in eingehenden Laboratoriums- und Großwaschversuchen bei der Verarbeitung des Blendehaufwerks in der dargelegten Weise erzielt wurden. Wie

bereits im allgemeinen Teil der Arbeit auf S. 9 ausgeführt wurde, ist auf der Kopfseite der Metallbilanz ein schematischer Verfahrensstammbaum zur Darstellung gebracht. In der Zahlentafel sind sodann in den mit I bis V bezeichneten Spalten die Ergebnisse der naßmechanischen Aufbereitung und der in wechselnder Menge am Gesamtverfahren beteiligten Flotation aufgeführt. Die zu den einzelnen Spalten gehörigen Blockdiagramme sollen die mengenmäßige Verteilung der einzelnen Produkte bei der naßmechanischen Behandlung sowie den davon zur Flotation gebrachten Teil des Haufwerks nach Menge und Art anzeigen.

Spalte I enthält die Ergebnisse einer Kombination, bei der nur die Schlämme in einer Menge von 18% des vorgelaufenen Haufwerks zur Flotation gebracht werden.

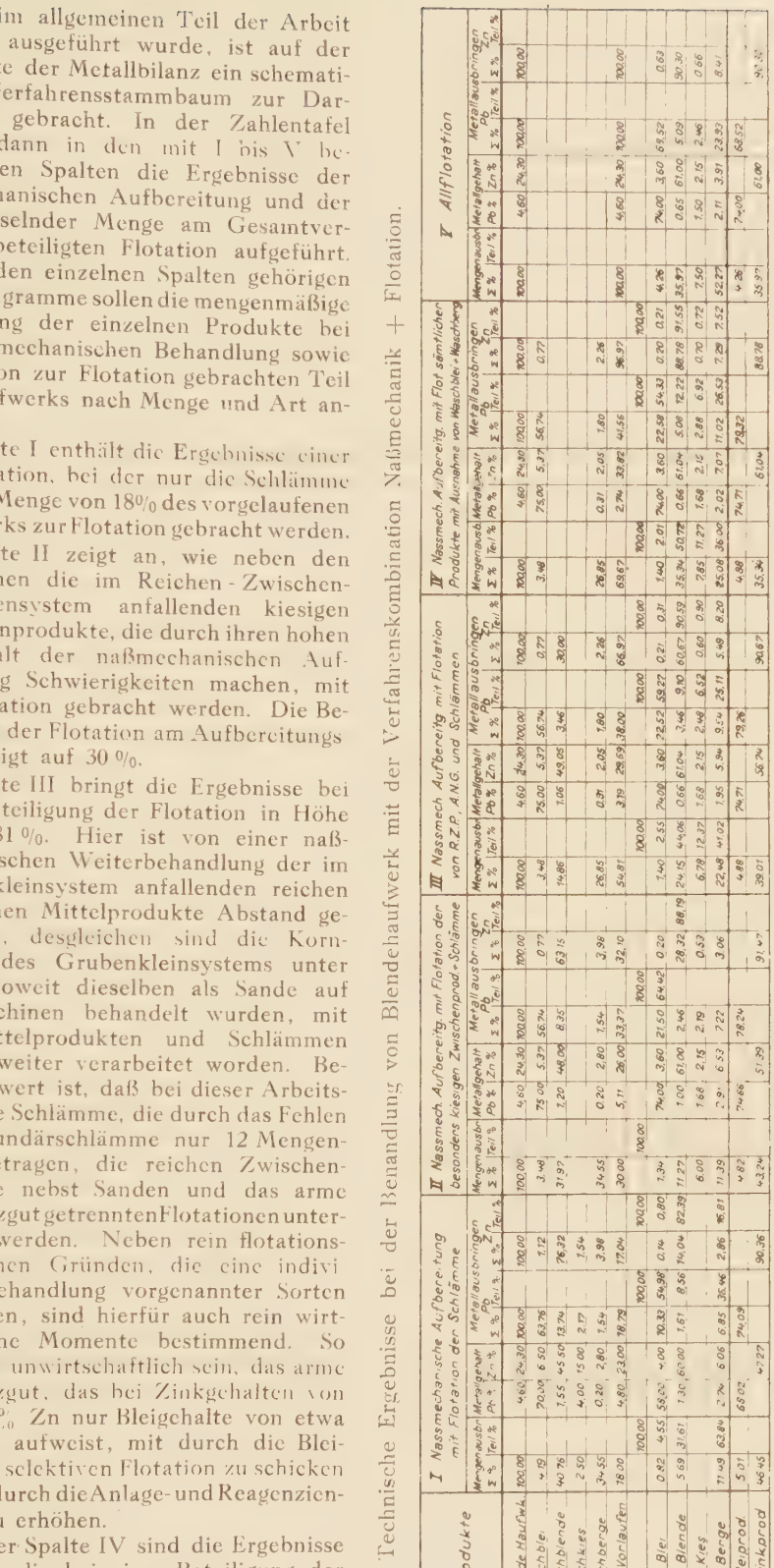
Spalte II zeigt an, wie neben den Schlämmen die im Reichen-Zwischenproduktensystem anfallenden kiesigen Zwischenprodukte, die durch ihren hohen Kiesgehalt der naßmechanischen Aufbereitung Schwierigkeiten machen, mit zur Flotation gebracht werden. Die Beteiligung der Flotation am Aufbereitungsgang steigt auf 30 %.

Spalte III bringt die Ergebnisse bei einer Beteiligung der Flotation in Höhe von 54,81 %. Hier ist von einer naßmechanischen Weiterbehandlung der im Grubenkleinsystem anfallenden reichen und armen Mittelprodukte Abstand genommen, desgleichen sind die Korngrößen des Grubenkleinsystems unter 1 mm, soweit dieselben als Sande auf Setzmaschinen behandelt wurden, mit den Mittelprodukten und Schlämmen flotativ weiter verarbeitet worden. Bemerkenswert ist, daß bei dieser Arbeitsweise die Schlämme, die durch das Fehlen der Sekundärschlämme nur 12 Mengen-Proz. betragen, die reichen Zwischenprodukte nebst Sanden und das arme Nachsetzgut getrennten Flotationen unterworfen werden. Neben rein flotationstechnischen Gründen, die eine individuelle Behandlung vorgenannter Sorten erheischen, sind hierfür auch rein wirtschaftliche Momente bestimmend. So würde es unwirtschaftlich sein, das arme Nachsetzgut, das bei Zinkgehalten von etwa 20 % Zn nur Bleigehalte von etwa 0,4 % Pb aufweist, mit durch die Bleistufe der selektiven Flotation zu schicken und hierdurch die Anlage- und Reagenzienkosten zu erhöhen.

In der Spalte IV sind die Ergebnisse gebracht, die bei einer Beteiligung der Flotation in Höhe von 69,67 %, also rund 70 % am Gesamtverfahren erzielbar sind. Hierbei ist von einer Waschblendeproduktion vollkommen Abstand genommen; man hat dieselbe gemeinsam mit den reichen Zwischenprodukten flotiert und die Arbeit der naßmechanischen Aufbereitung darauf beschränkt, das Haufwerk in den Korngrößen 80 bis 1 mm in Bleikonzentrat, bleireiches und bleiarmes Zwischenprodukt sowie in Berge zu zerlegen.

Tafel 2. Technische Ergebnisse bei der Behandlung von Blendehaufwerk mit der Verfahrenskombination Naßmechanik + Flotation.

Produkte	I Nassmechanische Aufbereitung mit Flotation der Schlämme						II Nassmech. Aufbereitg. mit Flotation der besonders kiesigen Zwischenprod.+Schlämme						III Nassmech. Aufbereitg. mit Flotation von R.Z.P., A.N.G. und Schlämmen						IV Nassmech. Aufbereitg. mit Flot sämtlicher Produkte mit Ausnahme von Waschb.+Waschberg						V Allflotation					
	Mengenaufb.		Metallgehalt		Metallausbringen		Mengenaufb.		Metallgehalt		Metallausbringen		Mengenaufb.		Metallgehalt		Metallausbringen		Mengenaufb.		Metallgehalt		Metallausbringen		Mengenaufb.		Metallgehalt		Metallausbringen	
	Σ %	Teil %	Pb %	Zn %	Pb Teil %	Zn Teil %	Σ %	Teil %	Pb %	Zn %	Pb Teil %	Zn Teil %	Σ %	Teil %	Pb %	Zn %	Pb Teil %	Zn Teil %	Σ %	Teil %	Pb %	Zn %	Pb Teil %	Zn Teil %	Σ %	Teil %	Pb %	Zn %	Pb Teil %	Zn Teil %
Blende Haufwk.	100.00		4.60	24.30	100.00		100.00		4.60	24.30	100.00		100.00		4.60	24.30	100.00		100.00		4.60	24.30	100.00		100.00		4.60	24.30	100.00	
Waschbl.	4.19		20.09	6.50	63.76		3.48		75.00	5.37	56.74		3.48		75.00	5.37	56.74		3.48		75.00	5.37	56.74		0.77					
Waschblende	40.76		1.55	45.50	13.74		31.97		1.20	44.00	8.35		6.35		1.06	49.05	3.46		30.00											
Waschkies	2.50		4.00	15.00	2.17								14.86																	
Waschberge	34.55		0.20	2.80	1.54		34.55		0.20	2.80	1.54		28.85		0.21	2.65	1.80		28.85		0.21	2.65	1.80		2.26					
Flot. Vorlaufen	18.00		4.80	23.00	18.79		30.00		5.11	26.00	33.77		32.10		3.19	29.59	38.00		66.92		2.74	33.82	41.56		96.97		4.60	24.30	100.00	
	100.00				100.00		100.00				100.00		54.81				100.00		69.67				100.00		35.97				100.00	
Flot. Blei	0.82	4.55	59.00	4.00	10.33	54.98	0.80	1.34	74.00	3.60	21.50	64.42	0.20		1.40	2.55	24.00	3.60	28.52	58.22	0.21	0.31	1.40	2.01	74.00	3.60	22.58	54.33	0.20	0.63
Flot. Blende	5.69	31.61	1.30	60.00	1.67	8.56	14.04	82.39	11.27				6.00		1.00	61.00	2.46		28.32	88.19	24.15	44.06	0.66	61.04	3.46	9.10	60.67	90.53	35.34	50.72	0.66	61.04	5.01	12.27	88.78	91.55	35.97	30.30
Flot. Kies									1.66	2.15	2.19		0.53		6.78	12.37	1.68	2.15	2.48	6.52	0.60	0.90	0.85	11.27	1.68	2.16	2.88	6.92	0.70	0.72	7.50	0.66
Flot. Berge	71.49	63.84	2.74	6.06	6.85	36.46	2.86	16.81	11.39				3.06		2.49	4.02	1.95	5.94	9.54	25.11	5.49	8.20	25.08	36.00	2.02	7.07	11.02	26.53	7.29	7.52	52.27	8.41
Σ Bleiprod.	5.01		6.80		24.09		4.82		74.66		78.24				74.77		79.26		4.88						4.36		74.00		68.52	
Σ Zinkprod.	46.45		4.27		90.26		43.24		51.39		91.47		39.01		56.74		90.67		35.34		6.04		61.00		35.97		88.78		61.00	



Zeichenerklärung:

A = Naßmechanische Normaltrennung.

B = Naßmechanische Trennung im Verfahren.

C = Im Verfahren flotierter Haufwerksanteil.

M^0 — Mengenprozent.

Spalte V schließlich bringt die Ergebnisse bei der Allflotation, wobei die naßmechanische Behandlung des Haufwerks völlig ausscheidet und die Flotation nunmehr als einziges Verfahren vorhanden ist.

Um die wichtigsten metallurgischen Ergebnisse, wie Konzentratgehalte und Metallausbringen, die bei der wechselnden Beteiligung der Flotation am Gesamtverfahren erzielbar sind, zu veranschaulichen, sind dieselben in Bild 5 graphisch dargestellt.

Da das Schema, nach dem solche Schaubilder aufzustellen sind, bereits im allgemeinen Teil der Arbeit auf S. 10 erläutert wurde, kann gleich zur Besprechung der einzelnen Ergebnisse übergegangen werden.

Zinkarbeit: Während sich bei der naßmechanischen Behandlung des Haufwerks der Zinkgehalt der Waschblenden durch den nach diesem Verfahren nur unvollkommen von den Blendemineralien zu trennenden Schwefelkies (vgl. S. 13) auf maximal 50 % bringen läßt, gestattet die flotative Behandlung des Haufwerks eine bessere Trennung des Kieses von der Blende. Mit Hilfe der Flotation gelingt es, die Gehalte der Zinkblenden bis auf 61,5 % Zn und darüber zu bringen. Demzufolge

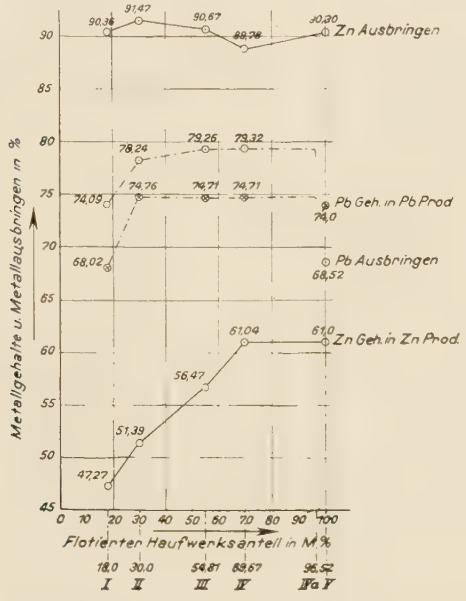


Bild 5. Blendehaufwerk. Technische Ergebnisse der Verfahrenskombination Naßmechanik + Flotation.

steigt der Zinkgehalt der Zinkkonzentrate mit zunehmender Beteiligung der Flotation am Aufbereitungsverfahren so lange, bis im Fall IV 69,67 Mengen-Proz. des Haufwerks flotiert werden, also auf die Produktion von Waschblende vollkommen verzichtet wird. Von diesem Punkte bis zu dem Fall der Allflotation liegen die Gehalte der Zinkkonzentrate nahezu konstant auf 61,04 % Zn.

Das Zinkmetallausbringen beträgt bei Punkt I 90,36 %. Bei Punkt II erfährt das Zinkausbringen eine Steigerung dadurch, daß außer den Schlämmen noch der bisher bei der naßmechanischen Behandlung des Haufwerks ausgeschiedene Waschkies mit zur Flotation gebracht wird und die in ihm enthaltenen Blei- und Zinkmengen gewonnen und in verkäufliche Form gebracht werden. Das Sinken des Zinkausbringens von 91,47 % bei Verfahrenskombination II auf 90,67 % bei III und schließlich auf 88,78 % bei Verfahrenskombination IV ist auf Verluste an nicht sulfidischen Zinkmineralien zurückzuführen, die bei der Flotation von reichen Zwischenprodukten, armem Nachsetzgut und Waschblenden unvermeidlich sind, dagegen aber bei der naßmechanischen Behandlung bzw. Erzeugung dieser Produkte zum großen Teil mit im Zinkkonzentrat gewonnen werden. Dadurch, daß sich schließlich durch Hinzunahme von Waschbergen und Waschblei die Flotation auf das gesamte Haufwerk erstreckt, d. h., daß man ohne vorherige naßmechanische Behandlung des Haufwerks zur Allflotation übergeht, gelingt es durch Gewinnung beträchtlicher Mengen der noch in den naßmechanisch erzeugten Bergen — vgl. allgemeiner Teil S. 6 — sowie eines Teiles der im Waschblei vorhandenen sulfidischen Zinkmineralien (verwachsene Mineralaggregate!) das Gesamtzinkausbringen wieder bis auf 90,30 % zu steigern.

Bleiarbeit: Der Gehalt der bei der Verfahrenskombination I erzeugten Waschbleikonzentrate mit 70 % Pb wird durch Hinzunahme der nur 58 % Pb enthaltenen Bleiprodukte aus der Flotation der Schlämme auf einen Gehalt der Gesamtbleiprodukte obiger Verfahrenskombination von 68,02 % Pb gedrückt. Der niedrige Bleigehalt der Bleikonzentrate aus der Schlammflotation ist zurückzuführen auf den hohen Gehalt an feinsten Lettenteilchen, von denen das Bleikonzentrat nur unter relativ großen Ausbringensverlusten zu reinigen ist, sowie auf verwitterte Kiespartikelchen, die sich in den Schlämmen aus dem ganzen Haufwerk anreichern und nur schwer drücken lassen. Mit zunehmender Mengenbeteiligung der Flotation am Aufbereitungsgange steigt dann der Bleigehalt der Gesamtbleiproduktion auf etwa 74,4 % Pb. Dies ist einerseits auf eine Erhöhung des Bleigehaltes der Waschbleierzeugung zurückzuführen, bedingt durch den Fortfall der Produktion aus naßmechanischen Mittelproduktensystemen — Verunreinigungen aller Art! —, andererseits auf eine hohe Anreicherung der Flotationsbleiprodukte, die bei schonend aufgemahlenen, relativ körnigen Mittelprodukten leichter als bei Schlämmen zu erzielen ist. Um nun den Verlauf der Kurve zu vervollständigen auch für den Fall, daß die Naßmechanik nur noch zur Erzeugung von Bleikonzentraten dient, wurde der Punkt IV a noch berechnet, bei dem die Flotation mit 96,52 % am Gesamtverfahren beteiligt ist, d. h. alles außer dem Waschbleikonzentrat flotiert wird.

Ähnlich wie zuvor das Zinkausbringen steigt auch das Bleiausbringen mit zunehmender Beteiligung der Flotation am Gesamtverfahren. Die Steigerung von I nach II ist auf die Gewinnung des in dem Waschkies enthaltenen Bleiinhaltes zurückzuführen, während die Ausbringenserhöhung von II nach III und von III nach IV durch die Gewinnung eines Teils der in den reichen Mittelprodukten und in den Waschblenden enthaltenen Bleimengen bedingt ist.

Der starke Abfall des Bleimetallausbringens zwischen dem Punkte IV a und dem Punkte V, wo das gesamte Haufwerk ohne vorherige naßmechanische Behandlung flotiert wird, ist auf Verluste an nichtsulfidischen Bleimineralien zurückzuführen. Diese entziehen sich ja, wie bereits auf S. 13 dargelegt, der Gewinnung durch die Flotation. Dagegen sind die nichtsulfidischen Bleimineralien durch naßmechanische Behandlung teilweise verhältnismäßig leicht gewinnbar, sofern sie in ihrem natürlichen Mineralverband, d. h. auf Klüften und Hohlräumen grobkörniger Bleiglanzindividuen verbleiben und nicht durch vielfachen Aufschluß des Gutes totgemahlen worden sind.

β) Galmeihaufwerk: Beim Galmeihaufwerk ähnelt der Verarbeitungsgang im naßmechanischen Grundverfahren dem des Blendehaufwerks. Bemerkenswert ist jedoch, daß sich die naßmechanische Behandlung hier im Gegensatz zur Verarbeitung des Blendehaufwerks auch auf die Schlämme erstreckt. Dieselben werden auf Herden verarbeitet mit dem Ziel, möglichst große Mengen von Blei-, besonders auch von nichtsulfidischen Bleimineralien, zu erfassen. Zweck und Ziel der naßmechanischen Behandlung des Galmeihaufwerks überhaupt sind: Möglichst restlose Gewinnung auch des nichtsulfidischen Bleis, Abstoßen von großen Mengen zinkarmer Berge und nebenbei, soweit es der Natur des Haufwerks nach möglich ist, die Gewinnung von Zink-

konzentraten, die wegen ihrer Zusammensetzung aus Galmei- und Zinkblendemineralien im folgenden als Galmeiblenden bezeichnet werden sollen. Die restierenden Galmei-, Zinkblende-, Kies-, Blei- sowie Dolomitmineralien enthaltenden Mittelprodukte und Herdabgänge, im folgenden kurz mit „Galmei" bezeichnet, machen etwa 36 % des Vorlaufens aus. Es ergibt sich also wieder die Naßmechanik als Grundverfahren, an das sich in diesem Falle entweder das Wälzverfahren oder die Flotation als Hilfsverfahren anschließen können. Es bestehen nun folgende Möglichkeiten:

$\alpha\alpha$) Verarbeitung der für die naßmechanische Behandlung ungeeigneten Haufwerksteile mit Hilfe des Wälzverfahrens. Hierbei ergibt sich zwar eine verhältnismäßig gute Gewinnbarkeit der Metallträger, doch treten technische Schwierigkeiten und hohe Kosten bei zunehmendem Gehalt des Wälzvorlaufens an sulfidischen Mineralien auf. Vgl. S. 13 (mineralogische Beschreibung).

$\beta\beta$) Anwendung der Flotation mit wechselnder Mengenbeteiligung am Gesamtverfahren. Hierbei ausgezeichnete Nutzbarmachung der sulfidischen, dagegen Verlust der nichtsulfidischen Erzmineralien (vgl. Tafel 1, Pos. 2, 5 u. 6).

$\gamma\gamma$) Wie unter $\beta\beta$ dargelegt, doch jeweilige Weiterverarbeitung der Flotationsabgänge durch das Wälzverfahren. Hierdurch wird neben Gewinnung der sulfidischen auch die Erfassung der nichtsulfidischen Metallträger möglich.

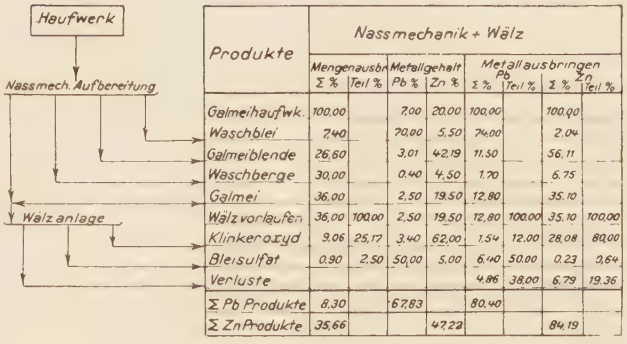
Zu Fall $\alpha\alpha$ ist noch zu bemerken, daß eine weitere Ausdehnung des Wälzverfahrens etwa auf die Galmeiblenden, auf die Berge oder gar auf das gesamte Galmeihaufwerk von vornherein wegen technischer Undurchführbarkeit oder großer Unwirtschaftlichkeit nicht in Betracht gezogen zu werden brauchte.

Bei Fall $\beta\beta$ und $\gamma\gamma$ kann sich das Hilfsverfahren Flotation nicht nur auf ausgesprochene Mittelprodukte wie den „Galmei", sondern auch auf die Galmeiblende, dann anschließend auf die Waschberge und schließlich auch auf das gesamte Haufwerk bis zur Allflotation erstrecken. In diesem Falle scheidet dann die naßmechanische Vorbehandlung in analoger Weise, wie bereits beim Blendehaufwerk auf S. 15 dargelegt, aus. In der unter $\gamma\gamma$ genannten Verfahrenskombination Naßmechanik + Flotation + Wälzen ist die mengenmäßige Beteiligung des Wälzverfahrens am Gesamtverfahren eine Funktion des Anteils der Flotation am Grundverfahren. Im Gegensatz zur individuellen flotativen Behandlung der verschiedenen Mittelprodukte des Blendehaufwerks werden beim Galmeihaufwerk mit Rücksicht auf die an sich kleinen Mengen und auch im Hinblick auf den in fast allen zur Flotation kommenden Produkten enthaltenen, nicht zu vernachlässigenden Bleigehalt alle Produkte gemeinsam einer selektiven Blei-Zinkflotation unterzogen. Da, wo sich an die Flotation noch das Wälzverfahren anschließt, wird aus den Flotationsabgängen, die ja das Wälzvorlaufen darstellen, noch der Schwefelkies herausgeschwommen mit dem Ziel, den Schwefelgehalt des Wälzvorlaufens so niedrig wie möglich zu halten.

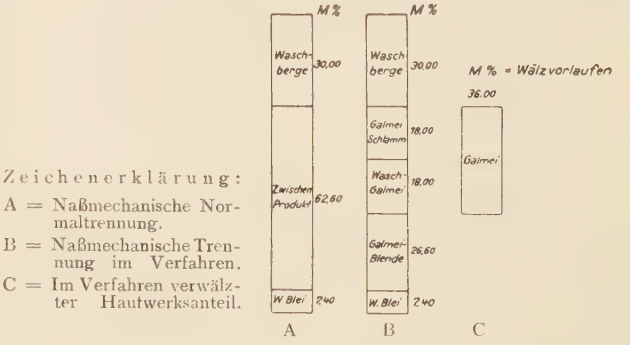
Auf Grund zahlreicher, nach den zuvor angegebenen Richtungen durchgeführter Laboratoriums- und Großversuche wurden die in den Tafeln 3, 4 und 5 aufgeführten metallurgischen Ergebnisse bei der Behandlung des Galmeihaufwerks zusammengestellt. Die Metallbilanzen, Verfahrensstammbäume sowie die zur Erläuterung des Aufbereitungsganges dienenden Blockdiagramme sind nach den im Teil I, S. 9 gegebenen Richtlinien aufgezogen.

Verfahrenskombination Naßmechanik + Wälzen. Die Verfahrenskombination α „Naßmechanik + Wälzen" (Tafel 3) brauchte aus bereits oben dargelegten Gründen nur für die Stufe untersucht zu werden, bei der das Wälzverfahren mit 36 % am Gesamtverfahren beteiligt ist und den naßmechanisch nicht weiter zu behandelnden „Galmei" verarbeitet.

Tafel 3. Technische Ergebnisse Galmeihaufwerk. Naßmechanische Aufbereitung + Verwälzen.



Produkte	Nassmechanik + Wälz							
	Mengenausbr.		Metallgehalt		Metallausbringen Pb		Metallausbringen Zn	
	Σ %	Teil %	Pb %	Zn %	Σ %	Teil %	Σ %	Teil %
Galmeihaufwk.	100,00		7,00	20,00	100,00		100,00	
Waschblei	7,40		70,00	5,50	74,00		2,04	
Galmeiblende	26,60		3,01	42,19	11,50		56,11	
Waschberge	30,00		0,40	4,50	1,70		6,75	
Galmei	36,00		2,50	19,50	12,80		35,10	
Walzvorlaufen	36,00	100,00	2,50	19,50	12,80	100,00	35,10	100,00
Klinkeroxyd	9,06	25,17	3,40	62,00	1,54	12,00	28,08	80,00
Bleisulfat	0,90	2,50	50,00	5,00	6,40	50,00	0,23	0,64
Verluste					4,86	38,00	6,79	19,36
Σ Pb Produkte	8,30		67,83		80,40			
Σ Zn Produkte	35,66			47,22			84,19	



Zeichenerklärung:
A = Naßmechanische Normaltrennung.
B = Naßmechanische Trennung im Verfahren.
C = Im Verfahren verwälzter Haufwerksanteil.

Für die Kombination α erübrigt sich daher eine graphische Darstellung der Ergebnisse. Dagegen sind die wichtigsten Daten der Metallbilanz für die Verfahrenskombination β und γ in den Tafeln 4 und 5 gemäß den auf S. 9 gegebenen Richtlinien zusammengestellt.

Die Bilder 6 u. 7 bringen die wichtigsten Daten der Tafeln in graphischer Darstellung.

Zinkarbeit: Nachdem bei der Kombination Naßmechanik + Flotation des „Galmeis" der Zinkgehalt der Zinkprodukte zunächst bei 45,4 % Zn lag, steigt der Zinkgehalt bei der Verfahrenskombination β II durch Erweiterung der flotativen Behandlung auf die Galmeiblenden auf 60 % Zn, um dann bis zur Allflotation auf diesem Wert zu bleiben.

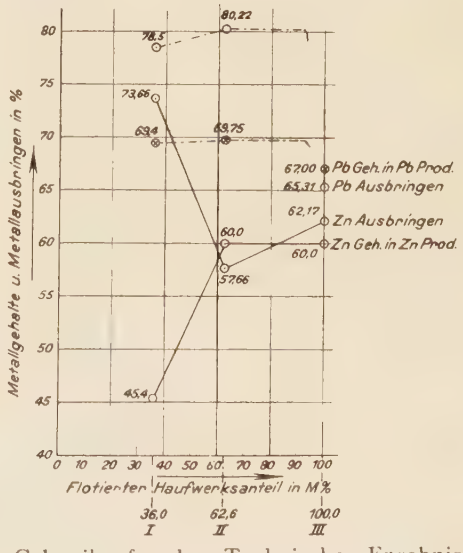


Bild 6. Galmeihaufwerk. Technische Ergebnisse der Verfahrenskombination β Naßmechanik + Flotation.

Das bei Verfahrenskombination β I noch 73,66 % betragende Zinkausbringen sinkt durch Hinzunahme der Galmeiblende zur Flotation bis zum Punkte II auf 57,66 % ab. Dies ist auf den Gehalt der Galmeiblenden an nichtsulfidischen Zinkmineralien zurückzuführen, die sich der

Flotation entziehen. Das Ansteigen des Zinkausbringens bis auf 62,17 % beim Punkte III, wo das gesamte Hauf-

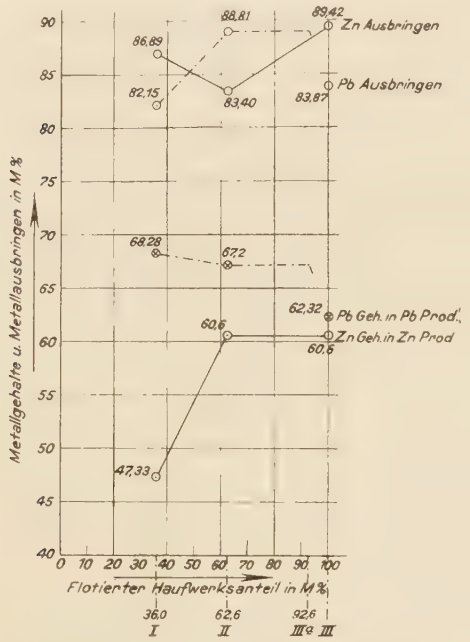


Bild 7. Galmeihaufwerk. Technische Ergebnisse der Verfahrenskombination γ Naßmechanik + Flotation + Wälz.

werk flotiert wird, ist bedingt durch die Gewinnung eines Teils des noch in den Waschbergen und im Waschblei enthaltenen sulfidischen Zinks.

Bleiarbeit: Der Bleigehalt der Bleiprodukte bleibt bei den Punkten I und II sowie bis zu dem auf der Abszisse gelegenen Zwischenpunkte III a 92,6 nahezu konstant, der ähnlich wie beim Blendehaufwerk hier berechnet wurde. Das Absinken der bei der Allflotation erzeugten Bleiprodukte ist auf Verunreinigungen mit eisenschüssiger Gangart zurückzuführen.

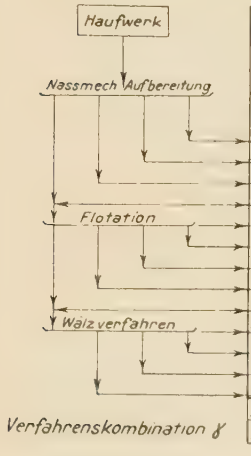
Die Ausbringenskurve für Blei steigt von I nach II durch Gewinnung eines Teils des in den zusätzlich zur Flotation kommenden Galmeiblenden enthaltenen Bleis und bleibt dann, solange noch Waschblei erzeugt wird, konstant bei 80,22 %. Das starke Absinken des Bleiausbringens auf 65,31 % nach Übergang zur Allflotation ist auf Verluste an nichtsulfidischem Blei, das sich der Flotation entzieht, zurückzuführen.

Verfahrenskombination Naßmechanik + Flotation + Wälzen (γ).

Zinkarbeit: Die Gehalte der bei dieser Kombination erzeugten Zinkprodukte decken sich im allgemeinen mit denen bei der Kombination β erreichten, weil die durch das Wälzverfahren erzielten Klinkeroxyde mit 62 % Zn sich im Zinkgehalt nicht wesentlich von den Flotationskonzentraten unterscheiden. Lediglich beim Punkte γ I mit 47,33 % Zn bewirkt der Anteil an Klinkeroxyd gegenüber den Ergebnissen beim Punkte β I eine Steigerung des Zinkgehaltes der Zinkprodukte der Verfahrensstufe. Die Steigerung des Zinkausbringens bei sämtlichen Punkten der Verfahrenskombination γ gegenüber der Kombination β ist auf das durch den Wälzprozeß noch zum größten Teil aus den Flotationsabgängen gewonnene Zink zurückzuführen.

Bleiarbeit: Die Bleigehalte der bei der Kombination γ erzielten Bleiprodukte liegen um 1 bis 3 %

Tafel 4. Technische Ergebnisse Galmeihaufwerk. Naßmechanische Aufbereitung + Flotation + Wälzverfahren.



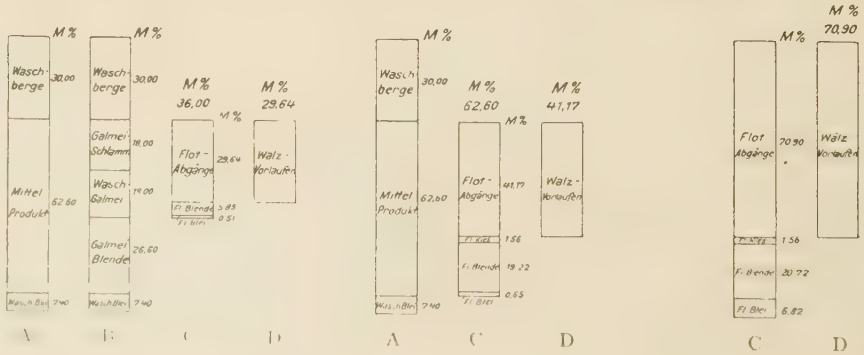
Produkte	I Nassmech Aufbereitung + Flotation von Galmeiprod. + Verwälzen der Flot. Abgänge								II Nassmech. Aufbereitung + Flotation von Mittelprod. + Verwälzen der Flot. Abgänge								III Allflotation + Verwälzen der Flot. Abgänge							
	Mengenausbr.		Metallgehalt		Metallausbringen				Mengenausbr.		Metallgehalt		Metallausbringen				Mengenausbr.		Metallgehalt		Metallausbringen			
	Σ %	Teil %	Pb %	Zn %	Pb Σ %	Pb Teil %	Zn Σ %	Zn Teil %	Σ %	Teil %	Pb %	Zn %	Pb Σ %	Pb Teil %	Zn Σ %	Zn Teil %	Σ %	Teil %	Pb %	Zn %	Pb Σ %	Pb Teil %	Zn Σ %	Zn Teil %
Galmeihaufwerk	100,00		7,00	20,00	100,00		100,00		100,00		7,00	20,00	100,00		100,00		100,00		7,00	20,00	100,00		100,00	
Waschblei	7,40		70,00	5,50	74,00		2,04		2,40		70,00	5,50	74,00		2,04									
Galmeiblende	26,60		3,01	42,19	11,50		56,11																	
Waschberge	30,00		0,40	4,50	1,70		6,75		30,00		0,40	4,50	1,70		6,75									
Galmei	36,00		2,50	19,50	12,80		35,10																	
Flot. Vorlaufen	36,00	100,00	2,50	19,50	12,80	100,00	35,10	100,00	62,60	100,00	2,71	29,14	24,30	100,00	91,21	100,00	100,00		7,00	20,00	100,00		100,00	
Flot. Blei	0,51	1,42	62,00	5,50	4,50	35,00	0,14	0,40	0,65	1,04	67,00	3,00	6,22	25,59	0,09	0,10	6,82		67,00	3,00	65,31		1,03	
Flot. Blende	5,85	16,25	1,30	60,00	1,08	8,44	17,53	50,00	19,22	30,70	1,20	60,00	3,30	13,58	57,66	63,21	20,72		1,11	60,00	3,30		62,17	
Flot. Kies									1,56	2,49	2,00	6,00	0,46	1,88	0,46	0,52	1,56		2,00	6,00	0,46		0,47	
Flot. Abgänge	29,64	82,33	1,72	11,74	7,22	56,56	17,41	49,60	41,17	65,77	2,43	16,03	14,52	58,15	33,00	36,17	70,90		3,05	10,25	30,93		36,33	
Wälz Vorlaufen	29,64	100,00	1,72	11,74	7,22	100,00	17,41	100,00	41,17	100,00	2,43	16,03	14,32	100,00	33,00	100,00	70,90	100,00	3,05	10,25	30,93	100,00	36,33	100,00
Klinkeroxyd	4,27	14,41	2,00	62,00	1,21	16,70	13,23	76,00	8,30	20,16	2,00	62,00	2,37	16,57	25,74	78,00	8,79	12,39	2,50	62,00	3,13	11,55	27,25	75,00
Bleisulfat	0,51	1,72	50,00	5,00	3,63	50,00	0,13	0,72	1,20	2,91	50,00	5,00	8,59	59,98	0,30	0,91	2,60	3,67	50,00	5,00	18,56	60,00	0,65	1,79
Verluste					2,38	33,30	4,05	23,28					3,36	23,45	6,96	21,09					9,24	28,45	8,43	23,21
Σ Pb Produkte	8,42		68,28	5,46	82,13				9,25		67,20	5,25	88,81		2,43		9,42		62,32	3,55	83,87		1,68	
Σ Zn Produkte	36,72		2,61	47,33			86,89		27,52		1,44	60,60	5,67		63,40		29,51		5,25	60,60	6,43		89,42	

Tafel 5. Naßmechanische Aufbereitung + Flotation.

Verfahrenskombination β																								
	b Produkte	7,91		69,40		78,5				8,05		69,75		80,22			6,82		67,00		65,31			
	Σ Zn Produkte	32,45			45,4			73,66		19,22			60,00			57,66	20,72			60,00			62,17	

Zeichenerklärung:

A = Naßmechanische Normaltrennung.
B = Naßmechanische Trennung im Verfahren.
C = Im Verfahren flotierter Haufwerksanteil.
D = Im Verfahren verwälzter Haufwerksanteil.
M % = Mengenprozent.



niedriger als die bei Verfahren β erzielten. Die Ursache hierfür dürfte in den nur 50 % Pb enthaltenden Bleisulfatprodukten zu suchen sein, die noch zu den Wasch- und Flotationsbleiprodukten hinzukommen. Für das Bleiausbringen gilt das gleiche, wie bereits oben für das Zinkausbringen ausgeführt wurde.

Zusammenfassend kann man sagen, daß bei der Verfahrenskombination γ etwa die gleichen Resultate in der Anreicherung der Produkte erzielt werden wie bei β. Im Bleiwie auch im Zinkausbringen dagegen ist die Kombination γ der Kombination β überlegen. Die Entscheidung, welcher Verfahrenskombination der Vorzug zu geben ist, wird aber erst endgültig durch die später noch anzustellenden Untersuchungen über die Verfahrenskosten zu treffen sein.

2. Ohne Trennung in der Grube; Verarbeitung des gesamten Rohhaufwerks durch Naßmechanik mit anschließender Flotation.

Rohhaufwerk: In derselben Weise, wie vorher für das Blendehaufwerk geschildert, ist nun auch das Rohhaufwerk, d. h. das in der Grube ohne Trennung nach sulfidischen und nichtsulfidischen Mineralien geförderte Haufwerk, untersucht worden. Die technischen Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in der Tafel 6 zusammengestellt. Die wichtigsten Daten der sich bei den einzelnen Kombinationsstufen ergebenden Metallbilanzen sind auf dem Bild 8 dargestellt.

Vergleicht man dieses Schaubild mit Bild 5, auf dem die technischen Ergebnisse dargestellt sind, die bei der Behandlung des Blendehaufwerks erzielt wurden, so fällt einem sofort die starke Ähnlichkeit im Verlauf sämtlicher Kurven auf. Während sich die Kurven für die Bleiarbeit fast völlig in ihren absoluten Werten decken,

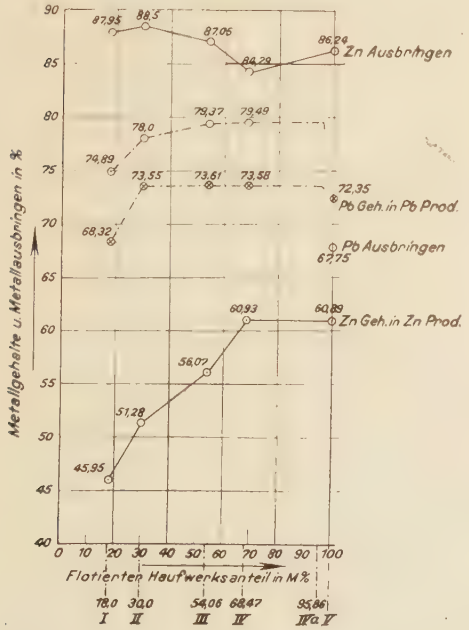
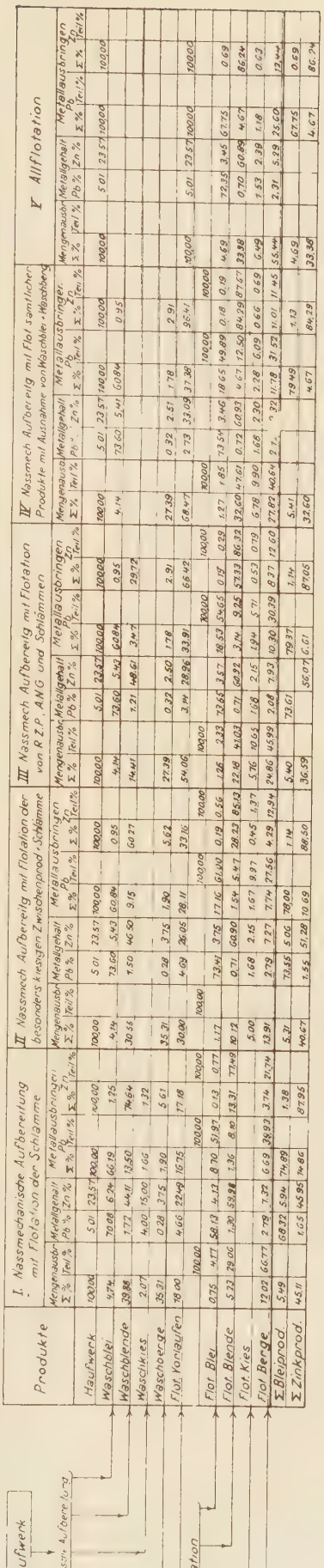


Bild 8. Rohhaufwerk. Technische Ergebnisse der Verfahrenskombination Naßmechanik + Flotation.

Tafel 6. Technische Ergebnisse bei der Behandlung von Rohhaufwerk mit der Verfahrenskombination Naßmechanik + Flotation.



differieren die Kurven für die Zinkarbeit besonders im Zinkausbringen. Dies liegt bei sämtlichen Kombinationsstufen beim Rohhaufwerk um 2 bis 3 %, teilweise sogar um 4 % niedriger als beim Blendehaufwerk, was auf den höheren Gehalt des Rohhaufwerks an nichtsulfidischem Zink zurückzuführen ist, enthält doch das Rohhaufwerk den gesamten bei der Gewinnung des Erzes mit anfallenden Galmei. Daß der Zinkgehalt der Zinkprodukte besonders beim Punkt I des Schaubildes für Rohhaufwerk niedriger liegt als beim gleichen Punkt des Schaubildes für Blendehaufwerk, ist begründet in der nur 44,11 % Zn enthaltenden Waschblende des Rohhaufwerks, deren Gehalt durch Verwachsungen von Blei- mit Galmeimineralien und besonders durch verwitterte Schwefelkiese vermindert wird. Diese sind im Galmeihaufwerk und damit auch im Rohhaufwerk viel stärker vertreten als im Blendehaufwerk.

d) Auswertung der technischen und der sich darauf aufbauenden wirtschaftlichen Ergebnisse.

Aus den in Tafeln und Bildern dargestellten technischen Ergebnissen der verschiedenen Verfahrenskombinationen allein läßt sich noch kein klares Bild über die erzielbaren wirtschaftlichen Ergebnisse und damit auch über die Lage des wirtschaftlichen Optimums der verschiedenen Verfahrenskombinationen und Stufen gewinnen.

Wenn man in überschlägiger Rechnung wohl auch bei gleichläufiger Bewegung von Anreicherungs- und Ausbringenskurven unter Berücksichtigung der veränderlichen Verfahrenskosten schätzen kann, wie sich die wirtschaftlichen Ergebnisse zweier Verfahrensstufen gegeneinander verschieben, so ist dies bei gegenläufiger Bewegung zweier zueinander gehöriger Ausbringens- und Anreicherungskurven ganz ausgeschlossen und nur durch eine exakte Rechnung möglich. (Vgl. H e r z , Met. u. Erz 23 [1926] S. 81.)

Um das wirtschaftliche Optimum zu ermitteln, sind zunächst für sämtliche in den Metallbilanzen (Tafel 2 bis 6) vorkommenden Blei- und Zinkprodukte auf Grund der handelsüblichen Verkaufsformeln die Bruttoerlöse ermittelt und in der Tafel 7 tabellarisch zusammengestellt, und zwar gleich unter Berücksichtigung veränderlicher Metallpreise.

Im allgemeinen Teil ist auf S. 11 bereits dargelegt worden, wie sich der Einfluß des Preises eines etwa vorhandenen zweiten Metalles auf die wirtschaftliche Über- oder Unterlegenheit des einen oder des anderen Verfahrens auswirkt. Nun liegen bei dem nachfolgenden Beispiel die Verhältnisse so, daß der Einfluß des zweiten Metalls, in diesem Falle des Bleies, klein ist, da dessen Anteil am Gesamterlös des Verfahrens nur gering und in seiner Höhe bei den einzelnen Verfahrensstufen nur wenig unterschiedlich ist.

Um das nachfolgende Beispiel einfach und übersichtlich zu gestalten, sind unter Berücksichtigung der Tatsache, daß der Fehler nur gering ist und am Endergebnis nichts ändert, für Blei und Zink stets der gleiche Preis eingesetzt.

Für die Errechnung des Wertes der verschiedenen Bleiprodukte gilt folgende Formel:

$$0{,}01\,(0{,}95\,P \cdot t) - H,$$

für die Zinkprodukte dagegen die Formel:

$$0{,}01\,P\,(t - 8) - H,$$

für den Bleisulfatschlamm die Formel:

$$0{,}01\,(P \cdot t) - H.$$

Hierin bedeutet P den Metallpreis in ℳ/1000 kg, t den Metallgehalt des Produktes in Prozent und H den Hüttenabzug in ℳ/t Produkt. Bei den Wasch- und Flotationsblenden steigt der Hüttenabzug mit dem Metallpreis, bei den übrigen Produkten dagegen bleibt er konstant. Feste Gebräuche und Normen bestehen für die Höhe des Hüttenabzugs nicht, er ist unter anderem zum

Tafel 7. Erlöse aus den Produkten, bezogen auf eine Tonne Produkt.

Produkt	Metallgehalt t %	Verkaufsformel	220 RM	240 RM	260 RM	280 RM	300 RM	320 RM
Bleikonzentrat		(0,95 P·t)-H	H = 48	H = 48	H = 48	H = 48	H = 48	H = 48
	58,00		73,22	84,24	95,26	106,28	117,30	128,32
	58,13		73,48	84,53	95,57	106,62	117,66	128,70
	67,00		92,03	104,67	117,49	130,22	142,95	155,68
	70,00		98,30	111,60	124,90	138,20	151,50	164,80
	70,08		98,47	111,79	125,11	138,42	151,74	165,06
	72,35		103,21	116,95	130,70	144,44	158,19	171,94
	73,65		105,93	119,93	133,92	147,92	161,91	175,90
	74,00		106,66	120,72	134,78	148,84	162,90	176,96
	75,00		108,75	123,00	137,25	151,50	165,75	180,00
	73,60		105,82	119,81	133,79	147,78	161,76	175,74
	73,54		105,69	119,66	133,64	147,61	161,58	175,55
	73,41		105,42	119,37	133,32	147,27	161,22	175,17
	62,00		81,58	93,36	105,14	116,92	128,70	140,28
Wasch-Blende		P(t-8)-H	H = 50	H = 54	H = 58	H = 62	H = 66	H = 70
	42,19		25,22	28,06	30,89	33,73	36,57	39,41
	44,11		29,44	32,66	35,89	39,11	42,33	45,55
	45,50		32,50	36,00	39,50	43,00	46,50	50,00
	48,00		38,00	42,00	46,00	50,00	54,00	58,00
	48,61		39,34	43,46	47,59	51,71	55,83	59,95
	49,05		40,31	44,52	48,73	52,94	57,15	61,36
	51,00		44,60	49,20	53,80	58,40	63,00	67,60
	46,50		34,70	38,40	42,10	45,80	49,50	53,20
Flot.-Blende		P(t-8)-H	H = 55	H = 60	H = 65	H = 70	H = 75	H = 78
	59,98		59,36	64,75	70,15	75,54	80,94	88,34
	60,00		59,40	64,80	70,20	75,60	81,00	88,40
	60,89		61,36	66,94	72,51	78,09	83,67	91,25
	60,92		61,41	66,99	72,58	78,16	83,74	91,32
	60,93		61,45	67,03	72,62	78,20	83,79	91,38
	61,00		61,60	67,20	72,80	78,40	84,00	91,60
	61,04		61,69	67,30	72,90	78,51	84,12	91,73
	60,90		61,38	66,96	72,54	78,12	83,70	91,28
Klinkeroxyd		P(t-8)-H	H = 70	H = 70	H = 70	H = 70	H = 70	H = 70
	62,00		48,80	59,60	70,40	81,20	92,00	102,80
Bleisulfat		P·t-H	H = 60	H = 60	H = 60	H = 60	H = 60	H = 60
	50,00		50,00	60,00	70,00	80,00	90,00	100,00

großen Teil von der Konjuktur abhängig. Die hier aufgeführten Hüttenabzüge sind Mittelwerte aus einer Reihe von Verträgen. Von einer Bewertung des Silbergehaltes, der in den aus Bleischarley-Erzen erzeugten Bleikonzentraten zwischen 80 und 150 g/t schwankt, ist abgesehen worden, weil der Silbergehalt erst von 80 g aufwärts bezahlt wird und die Silbererlöse die Gesamtwirtschaftlichkeit nur unwesentlich beeinflussen. Ebenso ist von einer Bewertung der beim Wälzverfahren erzeugten Kadmium- und Thalliumprodukte Abstand genommen worden, da dieselben nur in sehr kleinen Mengen anfallen und bei den heutigen niedrigen Preisen und hohen Verarbeitungskosten nur geringen Nutzen bringen. Desgleichen ist von einer Bewertung anderer in den Metallbilanzen aufgeführter und unter gewissen Verhältnissen verkäuflicher Produkte, wie z. B. Waschberge, Waschkiese und Flotationskiese, um nicht zu weitschweifig zu werden, im Rahmen dieser Arbeit Abstand genommen.

Wie bereits auf S. 14 bemerkt wurde, sind auch die Frachtkosten unberücksichtigt geblieben.

Auf Grund der in Tafel 7 zusammengestellten Erlöse je Tonne Blei- oder Zinkkonzentrat und der sich bei den verschiedenen Verfahrenskombinationen in den einzelnen Kombinationsstufen ergebenden Mengenausbringen an Blei- und Zinkprodukten errechnen sich sodann die in den Tafeln 9, 10 und 11 zusammengestellten Bruttoerlöse für 1 t in einer bestimmten Verfahrenskombination und -stufe verarbeitetes Haufwerk.

Nach Abzug der in Tafel 8 für sämtliche in Frage kommenden Verfahrenskombinationen tabellarisch zusammengestellten Verfahrenkosten ergeben sich sodann die ebenfalls in den Tafeln 9, 10 und 11 aufgeführten Nettoerlöse je Tonne behandeltes Haufwerk.

Um das in den Tafeln angehäufte Zahlenmaterial zu sichten und sinnfällig zu machen, und vor allem auch um

Tafel 8. Blendehaufwerk.

Verfahren	I M%	I RM/t verarb.	I RM/t Σ Vorlauf	II M%	II RM/t verarb.	II RM/t Σ Vorlauf	III M%	III RM/t verarb.	III RM/t Σ Vorlauf	IV M%	IV RM/t verarb.	IV RM/t Σ Vorlauf	IVa M%	IVa RM/t verarb.	IVa RM/t Σ Vorlauf	V M%	V RM/t verarb.	V RM/t Σ Vorlauf
Nassmech. Aufbereitg.	100,00	2,60	2,60	100,00	2,45	2,45	100,00	2,10	2,10	100,00	2,10	2,10	100,00	2,10	2,10			
Schlamm Flotation	18,00	4,50	0,81	18,00	4,50	0,81	12,00	4,50	0,54	12,00	4,50	0,54	12,00	4,50	0,54			
R.Z.P. Flotation				12,00	6,00	0,72	30,11	6,00	1,81	44,97	6,00	2,70	44,97	6,00	2,70			
A.N.G. Flotation							12,70	5,00	0,64	12,70	5,00	0,64	39,55	5,00	1,98			
Allflotation																100,00	6,50	6,50
Σ Aufbereit. Kosten			3,41			3,98			5,09			5,98			7,32			6,50

Rohhaufwerk.

Verfahren	I M%	I RM/t verarb.	I RM/t Σ Vorlauf	II M%	II RM/t verarb.	II RM/t Σ Vorlauf	III M%	III RM/t verarb.	III RM/t Σ Vorlauf	IV M%	IV RM/t verarb.	IV RM/t Σ Vorlauf	IVa M%	IVa RM/t verarb.	IVa RM/t Σ Vorlauf	V M%	V RM/t verarb.	V RM/t Σ Vorlauf
Nassmech. Aufbereitg.	100,00	2,60	2,60	100,00	2,45	2,45	100,00	2,10	2,10	100,00	2,10	2,10	100,00	2,10	2,10			
Schlamm Flotation	18,00	4,50	0,81	18,00	4,50	0,81	12,00	4,50	0,54	12,00	4,50	0,54	12,00	4,50	0,54			
R.Z.P. Flotation				12,00	6,00	0,72	29,64	6,00	1,78	44,03	6,00	2,64	44,03	6,00	2,64			
A.N.G. Flotation							12,42	5,00	0,62	12,42	5,00	0,62	39,83	5,00	1,99			
Allflotation																100,00	6,50	6,50
Σ Aufbereit. Kosten			3,41			3,98			5,04			5,90			7,27			6,50

Galmeihaufwerk.

α Naßmechanik + Wälz.

Verfahren	M%	RM/t verarb.	RM/t Σ Vorlauf
Nassmech. Aufbereitg.	100,00	2,30	2,30
Wälz	36,00	16,00	5,76
Σ Aufbereit. Kosten			8,06

β Naßmechanik + Flotation.

Verfahren	I M%	I RM/t verarb.	I RM/t Σ Vorlauf	II M%	II RM/t verarb.	II RM/t Σ Vorlauf	IIa M%	IIa RM/t verarb.	IIa RM/t Σ Vorlauf	III M%	III RM/t verarb.	III RM/t Σ Vorlauf
Nassmech. Aufbereitg.	100,00	2,30	2,30	100,00	2,30	2,30	100,00	2,30	2,30			
Flotation	36,00	6,00	2,16	62,60	6,00	3,76	92,60	6,00	5,56	100,00	6,50	6,50
Σ Aufbereit. Kosten			4,46			6,06			7,86			6,50

γ Naßmechanik + Flotation + Wälz.

Nassmech. Aufbereitg.	100,00	2,30	2,30	100,00	2,30	2,30	100,00	2,30	2,30			
Flotation	36,00	6,00	2,16	62,60	6,00	3,76	92,60	6,00	5,56	100,00	6,50	6,50
Wälz	29,64	14,00	4,14	41,17	12,00	4,94	70,32	12,00	8,44	70,90	12,00	8,51
Σ Aufbereit. Kosten			8,60			11,00			16,30			15,01

prüfen und vergleichen zu können, wie durch Veränderung der technischen Ergebnisse die Wirtschaftlichkeit beeinflußt wird, ist auch hier zur graphischen Darstellung der wichtigsten wirtschaftlichen Daten gegriffen worden. Die Schaubilder sind nach

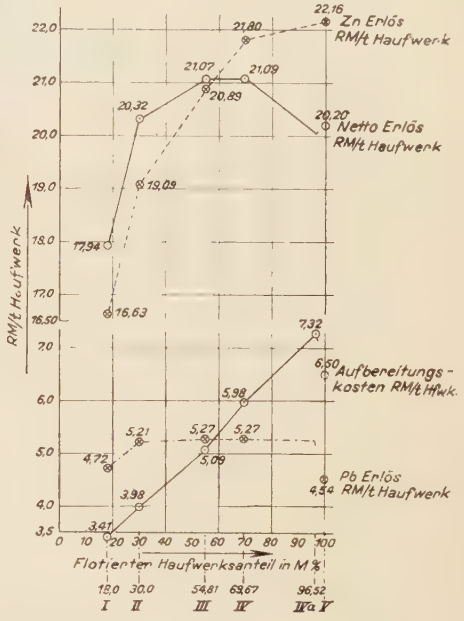


Bild 9. Blendehaufwerk. Wirtschaftliche Ergebnisse der Verfahrenskombination Naßmechanik + Flotation bei Metallpreisen von 220 RM./1000 kg.

Tafel 9. Erlöse aus einer Tonne Rohhaufwerk.

Verfahren	Produkte	Metallgehalt %	M%	220 RM		240 RM		260 RM		280 RM	
I	Waschblei	70,08	4,74	4,67		5,30		5,93		6,56	
	Flot. Blei	58,13	0,75	0,55		0,63		0,72		0,80	
	Σ Blei Prod.		5,49		5,22		5,93		6,65		7,36
	Waschblende	44,11	39,88	11,74		13,02		14,31		15,60	
	Flot Blende	59,98	5,23	3,10		3,39		3,67		3,95	
	Σ Zinkprod.		45,11		14,84		16,41		17,98		19,55
	Brutto Erlös				20,06		22,34		24,63		26,91
	Aufbereit. Kost.				3,41		3,41		3,41		3,41
	Netto Erlös				16,65		18,93		21,22		23,50
II	Waschblei	73,60	4,14	4,38		4,96		5,54		6,12	
	Flot. Blei	73,41	1,17	1,23		1,39		1,56		1,72	
	Σ Blei Prod.		5,31		5,61		6,35		7,10		7,84
	Waschblende	46,50	30,55	10,60		11,72		12,86		13,99	
	Flot Blende	60,90	10,12	6,21		6,77		7,34		7,90	
	Σ Zinkprod.		40,67		16,81		18,50		20,20		21,89
	Brutto Erlös				22,42		24,85		27,30		29,73
	Aufbereit. Kost.				3,98		3,98		3,98		3,98
	Netto Erlös				18,44		20,87		23,32		25,75
III	Waschblei	73,60	4,14	4,38		4,96		5,54		6,12	
	Flot. Blei	73,65	1,26	1,33		1,51		1,69		1,86	
	Σ Blei Prod.		5,40		5,71		6,47		7,23		7,98
	Waschblende	48,61	14,41	5,67		6,26		6,86		7,45	
	Flot Blende	60,92	22,18	13,62		14,86		16,10		17,34	
	Σ Zinkprod.		36,59		19,29		21,12		22,96		24,79
	Brutto Erlös				25,00		27,59		30,19		32,77
	Aufbereit. Kost.				5,04		5,04		5,04		5,04
	Netto Erlös				19,96		22,55		25,15		27,73
IV	Waschblei	73,60	4,14	4,38		4,96		5,54		6,12	
	Flot Blei	73,54	1,27	1,34		1,52		1,70		1,87	
	Σ Blei Prod.		5,41		5,72		6,48		7,24		7,99
	Flot Blende	60,93	32,60	20,03	20,03	21,85	21,85	23,67	23,67	25,49	25,49
	Brutto Erlös				25,75		28,33		30,91		33,48
	Aufbereit. Kost.				5,90		5,90		5,90		5,90
	Netto Erlös				19,85		22,43		25,01		27,58
V	Flot Blei	72,35	4,69	4,84		5,48		6,13		6,77	
	Flot Blende	60,89	33,38	20,48		22,34		24,20		26,07	
	Brutto Erlös				25,32		27,82		30,33		32,84
	Aufbereit. Kost.				6,50		6,50		6,50		6,50
	Netto Erlös				18,82		21,32		23,83		26,34

den auf S. 10 dargelegten Gesichtspunkten aufgestellt, auf die hier nicht weiter eingegangen werden soll, und zwar zunächst nur für einen Metallpreis von 220 RM/1000 kg.

Das Bild 9 zeigt die wirtschaftlichen Ergebnisse, die bei der Verarbeitung von Blendehaufwerk erzielt wurden. Bei Betrachtung derselben ergibt sich, daß entsprechend dem gleichsinnigen Verlauf der Bleianreicherungs- und Ausbringenskurve (Bild 5) auch die Bleierlöskurve ähnlich verläuft. Die Zinkerlöskurve dagegen ist in erster Linie von der erzielten Anreicherung der Konzentrate und erst in zweiter Linie von dem erreichten Ausbringen abhängig. Besonders in ihrem mittleren Teile, wo bei steigendem Konzentratgehalt das Ausbringen sinkt, zeigt sich, daß der Erlös maßgeblich nur durch die Höhe des Konzentrats beeinflußt wird und trotz zunehmender Zinkverluste weiter steigt. Die höhere Bezahlung der Einheit Zinkmetall im reicheren Konzentrat steigert eben den Erlös so wesentlich, daß der Verlust an an sich billigem Metall nicht nennenswert ins Gewicht fällt. (Vgl. Patzschke: Met. u. Erz 29 [1932] S. 41.)

Die Kurve für die Verfahrenskosten steigt naturgemäß mit zunehmender Beteiligung der Flotation am Gesamtverfahren bis zu einem Maximum, wo die Naßmechanik als Grundverfahren ausscheidet, um dann bei alleiniger Behandlung des Haufwerks durch die Flotation wieder etwas abzusinken.

Aus der Summe der bei den einzelnen Kombinationsstufen erzielten Erlöse, abzüglich der dazugehörigen Verfahrenskosten, ergibt sich sodann die Nettoerlöskurve, die beim Punkte III schon annähernd ihren Höchstwert erreicht, bis zum Punkte IV nur unwesentlich steigt, um dann wieder stärker abzufallen. Man kann also aus diesem Schaubild sofort ersehen, daß für das Blendehaufwerk das wirtschaftliche Optimum nicht etwa, wie man auf Grund der in Bild 5 gebrachten technischen Er-

gebnisse meinen könnte, bei der Allflotation liegt, sondern bei einer Verfahrenskombination, bei der die Flotation mit etwa 55 bis 70 Mengen-Prozent am Gesamtverfahren beteiligt ist.

Tafel 10. Erlöse aus einer Tonne Blendehaufwerk.

Verfahren	Produkte	Metallgehalt %	M %	220 RM	240 RM	260 RM	280 RM
I	Waschblei	70,00	4,19	4,12	4,67	5,23	5,79
	Flot. Blei	58,00	0,82	0,60	0,69	0,78	0,87
	Σ Pb Produkte		5,01	4,72	5,36	6,01	6,66
	Waschblende	45,50	40,76	13,25	14,67	16,10	17,53
	Flot. Blende	60,00	5,69	3,38	3,89	3,99	4,30
	Σ Zn Produkte		46,45	16,63	18,36	20,09	21,83
	Brutto Erlös			21,35	23,72	26,10	28,49
	Aufbereit Kost.			3,41	3,41	3,41	3,41
	Netto Erlös			17,94	20,31	22,69	25,08
II	Waschblei	75,00	3,48	3,78	4,28	4,77	5,27
	Flot. Blei	74,00	1,34	1,43	1,62	1,80	1,99
	Σ Pb Produkte		4,82	5,21	5,90	6,57	7,26
	Waschblende	48,00	31,97	12,15	13,43	14,70	15,98
	Flot. Blende	61,00	11,27	6,94	7,57	8,20	8,84
	Σ Zn Produkte		43,24	19,09	21,00	22,90	24,82
	Brutto Erlös			24,30	26,90	29,47	32,08
	Aufbereit Kost.			3,98	3,98	3,98	3,98
	Netto Erlös			20,32	22,92	25,49	28,10
III	Waschblei	75,00	3,48	3,78	4,28	4,78	5,27
	Flot. Blei	74,00	1,40	1,49	1,69	1,89	2,08
	Σ Pb Produkte		4,88	5,27	5,97	6,67	7,35
	Waschblende	49,05	14,86	5,99	6,62	7,24	7,87
	Flot. Blende	61,04	24,15	14,80	16,25	17,60	18,95
	Σ Zn Produkte		39,01	20,89	22,87	24,84	26,82
	Brutto Erlös			25,16	28,84	31,51	34,17
	Aufbereit Kost.			5,09	5,09	5,09	5,09
	Netto Erlös			21,07	23,75	26,42	29,08
IV	Waschblei	75,00	3,48	3,78	4,28	4,78	5,27
	Flot. Blei	74,00	1,40	1,49	1,69	1,89	2,08
	Σ Pb Produkte		4,88	5,27	5,97	6,67	7,35
	Flot. Blende	61,04	35,34	21,80	23,78	25,76	27,75
	Brutto Erlös			27,07	29,75	32,43	35,10
	Aufbereit Kost.			5,98	5,98	5,98	5,98
	Netto Erlös			21,09	23,77	26,45	29,12
V	Flot. Blei	74,00	4,26	4,54	5,14	5,74	6,34
	Flot. Blende	61,00	35,97	22,16	24,17	26,19	28,20
	Brutto Erlös			26,70	29,31	31,93	34,54
	Aufbereit Kost.			6,50	6,50	6,50	6,50
	Netto Erlös			20,20	22,81	25,43	28,04

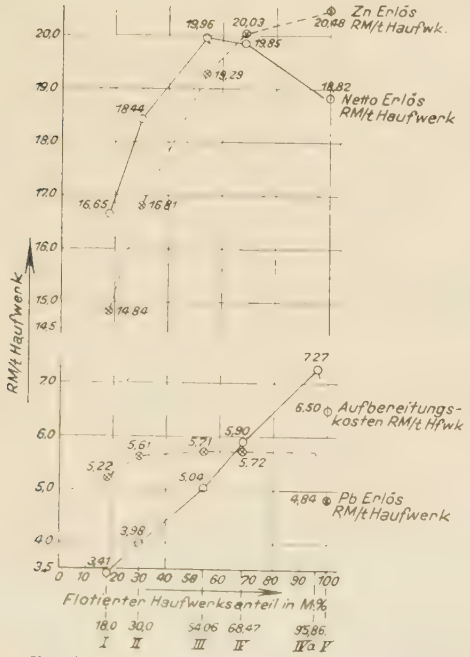


Bild 10. Rohhaufwerk. Wirtschaftliche Ergebnisse der Verfahrenskombination Naßmechanik + Flotation bei Metallpreisen von 220 RM./1000 kg.

Das Bild 10 bringt die wirtschaftlichen Ergebnisse, die bei der Behandlung des Rohhaufwerks in den einzelnen Kombinationsstufen erzielt wurden. Für den Verlauf der Blei- und Zinkerlöskurven gelten im allgemeinen die bei der Besprechung der Blendehaufwerkskurven gemachten Ausführungen. Daß die Bleierlöse beim Rohhaufwerk durchschnittlich um 0,40 bis 0,50 ℛℳ/t Haufwerk höher liegen als beim Blendehaufwerk, ist auf den um etwa 0,4 % höheren Bleigehalt des Rohhaufwerks zurückzuführen. Die Zinkerlöse aus dem Rohhaufwerk liegen um durchschnittlich 1,80 bis 2,00 ℛℳ/t Haufwerk niedriger als beim Blendehaufwerk. Dies ist bedingt einmal durch den um etwa 0,7 % niedrigeren Zinkgehalt des Rohhaufwerks sowie durch das durch den höheren Gehalt an nichtsulfidischem Zink verminderte Zinkausbringen, das besonders mit zunehmender Beteiligung der Flotation am Gesamtverfahren stark absinkt. Die Nettoerlöskurve für das Rohhaufwerk zeigt ein ausgesprochenes Maximum, also das Optimum des wirtschaftlichen Erfolges bei Verfahrensstufe III, wo die Flotation mit etwa 54 % am Gesamtverfahren beteiligt ist.

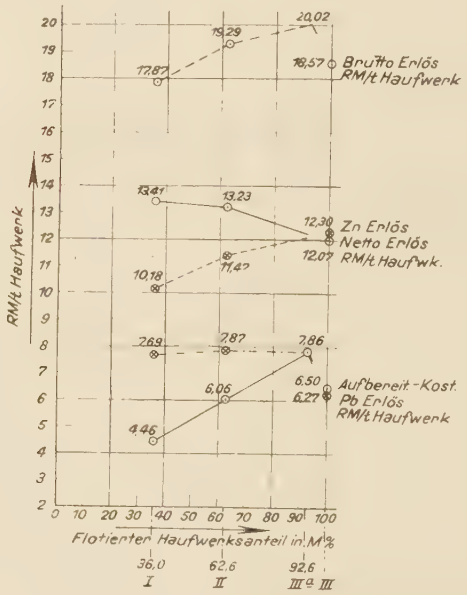


Bild 11. Galmeihaufwerk. Wirtschaftliche Ergebnisse der Verfahrenskombination β Naßmechanik + Flotation bei Metallpreisen von 220 RM./1000 kg.

Die in Tafel 11 tafelmäßig zusammengestellten wirtschaftlichen Ergebnisse, die bei der Behandlung des Galmeihaufwerks nach verschiedenen Verfahrenskombinationen erzielt wurden, sind in den Bildern 11 und 12 graphisch dargestellt.

Mit zunehmender Verfeinerung des Verfahrens, d. h. mit wachsender Beteiligung der Flotation bei der Kombination β (Naßmechanik + Flotation) bleibt der Bleierlös je Tonne Haufwerk nahezu konstant, solange die Naßmechanik noch an der Verfahrenskombination beteiligt ist. Das starke Absinken des Bleierlöses bei der Allflotation ist bedingt durch die großen Verluste an Bleiausbringen, die bei diesem Verfahren, wie bereits auf S. 18 ausgeführt, auftreten.

Der Zinkerlös steigt von Stufe I nach II mit zunehmender Anreicherung der Zinkprodukte trotz fallenden Zinkausbringens an. Die weitere, wenn auch nur geringere Zunahme des Zinkerlöses zwischen den Punkten II und III dagegen ist bei gleichbleibenden Zinkgehalten der Produkte lediglich auf den bereits auf S. 18 begründeten Ausbringensgewinn zurückzuführen. Trotz einer steigenden Tendenz der aus der Blei- und der Zinkerlöskurve resultierenden Bruttoerlöskurve, die erst durch den verminderten Bleierlös bei der Allflotation absinkt, zeigt die nach Abzug der Verfahrenskosten zustande kommende

Tafel 11. Erlöse aus Galmeihaufwerk.

α Verfahrenskombination Naßmechanik + Wälz.

Verfahren	Produkte	Metallgehalt t %	M %	220 RM	240 RM	260 RM	280 RM
I	Waschblei	70,0	7,4	7,27	8,26	9,24	10,23
	Bleisulfat	50,0	0,90	0,45	0,54	0,63	0,72
	Σ Pb Produkte		8,30	7,72	8,80	9,87	10,95
	(Galmeiblende) Waschblende	42,19	26,60	6,71	7,46	8,22	8,97
	Klinkeroxyd	62,00	9,06	4,42	5,40	6,38	7,36
	Σ Zn Produkte		35,66	11,13	12,86	14,60	16,33
	Brutto Erlös			18,85	21,66	24,47	27,28
	Aufbereit. Kost.			8,06	8,06	8,06	8,06
	Netto Erlös			10,79	13,60	16,41	19,22

β Verfahrenskombination Naßmechanik + Flotation.

Verfahren	Produkte	Metallgehalt t %	M %	220 RM	240 RM	260 RM	280 RM
I	Waschblei	70,0	7,40	7,27	8,26	9,24	10,23
	Flot. Blei	62,0	0,51	0,42	0,48	0,54	0,60
	Σ Pb Produkte		7,91	7,69	8,74	9,78	10,83
	Waschblende	42,19	26,60	6,71	7,46	8,22	8,97
	Flot Blende	60,00	5,85	3,47	3,79	4,11	4,42
	Σ Zn Produkte		32,45	10,18	11,25	12,33	13,39
	Brutto Erlös			17,87	18,99	22,11	24,22
	Aufbereit. Kost.			4,46	4,46	4,46	4,46
	Netto Erlös			13,41	15,53	17,65	19,76
II	Waschblei	70,0	7,40	7,27	8,26	9,24	10,23
	Flot. Blei	67,0	0,65	0,60	0,68	0,76	0,84
	Σ Pb Produkte		8,05	7,87	8,94	10,00	11,07
	Flot. Blende	60,0	19,22	11,42	12,45	13,49	14,53
	Brutto Erlös			19,29	21,39	23,49	25,60
	Aufbereit Kost			6,06	6,06	6,06	6,06
	Netto Erlös			13,23	15,33	17,43	19,54
III	Flot Blei	67,0	6,82	6,27	7,14	8,01	8,88
	Flot Blende	60,0	20,72	12,30	13,43	14,54	15,66
	Brutto Erlös			18,57	20,57	22,55	24,54
	Aufbereit Kost.			6,50	6,50	6,50	6,50
	Netto Erlös			12,07	14,07	16,05	18,04

γ Verfahrenskombination Naßmechanik + Flotation + Wälz.

Verfahren	Produkte	Metallgehalt t %	M %	220 RM	240 RM	260 RM	280 RM
I	Waschblei	70,00	7,40	7,27	8,26	9,24	10,23
	Flot. Blei	62,00	0,51	0,42	0,48	0,54	0,60
	Bleisulfat	50,00	0,51	0,25	0,31	0,36	0,41
	Σ Pb Produkte		8,42	7,94	9,05	10,14	11,24
	Waschblende	42,19	26,60	6,71	7,46	8,22	8,97
	Flot Blende	60,00	5,85	3,47	3,79	4,11	4,42
	Klinkeroxyd	62,00	4,27	2,08	2,54	3,00	3,47
	Σ Zn Produkte			12,26	13,79	15,33	16,86
	Brutto Erlös			20,20	22,84	25,47	28,10
	Aufbereit Kost.			8,60	8,60	8,60	8,60
	Netto Erlös			11,60	14,24	16,87	19,50
II	Waschblei	70,00	7,40	7,27	8,26	9,24	10,23
	Flot. Blei	67,00	0,65	0,60	0,68	0,76	0,84
	Bleisulfat	50,00	1,20	0,60	0,72	0,84	0,96
	Σ Pb Produkte		9,25	8,47	9,66	10,84	12,03
	Flot Blende	60,00	19,22	11,42	12,45	13,49	14,53
	Klinkeroxyd	62,00	8,30	4,05	4,95	5,84	6,74
	Σ Zn Produkte		27,52	15,47	17,40	19,33	21,27
	Brutto Erlös			23,94	27,06	30,17	33,30
	Aufbereit Kost			11,00	11,00	11,00	11,00
	Netto Erlös			12,94	16,06	19,17	22,30
III	Flot. Blei	67,00	6,82	6,27	7,14	8,01	8,88
	Bleisulfat	50,00	2,60	1,30	1,56	1,82	2,08
	Σ Pb Produkte		9,42	7,57	8,70	9,83	10,96
	Flot Blende	60,00	20,72	12,30	13,43	14,54	15,66
	Klinkeroxyd	62,00	8,79	4,29	5,24	6,18	7,14
	Σ Zn Produkte		29,51	16,59	18,67	20,72	22,80
	Brutto Erlös			24,16	27,37	30,55	33,76
	Aufbereit. Kost.			15,01	15,01	15,01	15,01
	Netto Erlös			9,15	12,36	15,54	18,75

Nettoerlöskurve mit zunehmender Beteiligung der Flotation durch die immer höher werdenden Verfahrenskosten eine fallende Tendenz. Bei einem Metallpreise von 220 ℛℳ 1000 kg liegt das wirtschaftliche Optimum für das mit Hilfe von Naßmechanik + Flotation behandelte Galmeihaufwerk bei Stufe I, d. h. wo die bei der naßmechanischen Behandlung anfallenden Galmeiprodukte, die ja noch sulfidische Blei- und Zinkmineralien enthalten, der Flotation unterzogen werden.

Im Bild 12 sind die wirtschaftlichen Ergebnisse der Verfahrenskombination γ (Naßmechanik + Flotation + Verwälzen der Flotationsabgänge) aufgezeigt. Die Blei- und

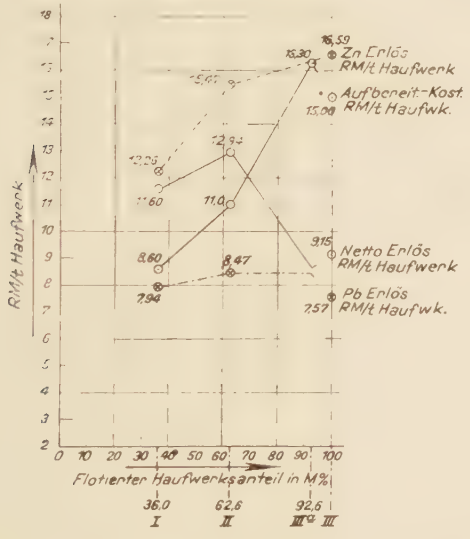


Bild 12. Galmeihaufwerk. Wirtschaftliche Ergebnisse der Verfahrenskombination γ Naßmechanik + Flotation + Wälz bei Metallpreisen von 220 RM./1000 kg.

Zinkerlöskurven nehmen im Prinzip den gleichen Verlauf wie bei der Kombination β, nur mit dem Unterschiede, daß die Nettoerlöse infolge des mit Hilfe des Wälzverfahrens gesteigerten Metallausbringens um mehrere Reichsmark höher liegen. Dieser Bruttomehrerlös bei Verfahrenskombination γ wird aber bei einem Metallpreis von 220 ℛℳ durch die erhöhten Verfahrenskosten wieder völlig aufgezehrt, und ein Vergleich der Nettoerlöskurven von beiden Verfahrenskombinationen β und γ zeigt, daß die Kombination β bei Metallpreisen von 220 ℛℳ in den Kombinationsstufen I um etwa 1,80 ℛℳ und in III um 2,85 ℛℳ überlegen ist. Am nächsten kommen sich die Nettoerlöse beider Verfahren in der Stufe III, wo β nur um 0,19 ℛℳ besser abschneidet als γ.

Bevor nun auf eine Untersuchung darüber eingegangen wird, ob bei dem vorliegenden Metallpreis von 220 ℛℳ die Trennung des Haufwerks in der Grube oder die Förderung des Rohhaufwerks wirtschaftlicher ist, soll zunächst für jedes Haufwerk getrennt festgestellt werden, ob das wirtschaftliche Optimum sich bei fallenden oder steigenden Metallpreisen verschiebt, d. h. bei einer anderen Mengenverteilung auftritt als der vorher festgestellten. Aus den Tafeln 9 und 10 ist ersichtlich, daß bei allen in Betracht kommenden Metallpreisen für das Blendehaufwerk das Optimum zwischen Stufe III und IV, für das Rohhaufwerk dagegen bei Stufe III liegt.

Um nun für das Galmeihaufwerk zu untersuchen, wie sich die wirtschaftlichen Ergebnisse bei der Verarbeitung nach den Verfahrenskombinationen α, β und γ bei veränderlichen Metallpreisen gegeneinander verschieben, ist in Bild 13 ein Schaubild gebracht, das in der auf S. 11 bereits beschriebenen Art aufgezogen ist. Man

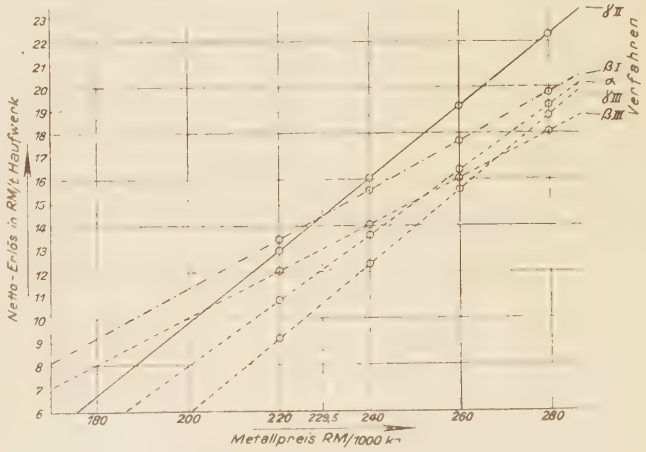


Bild 13. Galmeihaufwerk. Nettoerlöse verschiedener Verfahrenskombinationen bei veränderlichem Metallpreis.

erkennt ganz deutlich, daß die Verfahrenskombination γ Stufe II, d. h. Naßmechanik + 62,8 - Mengen - Prozent Flotation mit anschließendem Verwälzen der Flotationsabgänge von einem Metallpreis oberhalb von 229,5 ℛℳ/1000 kg allen anderen Verfahrenskombinationen weit überlegen ist. Unterhalb dieses Metallpreises dürfte sich bei der Anwendung der Verfahrenskombination β Stufe I, d. h. Naßmechanik + 36 Mengen-Prozent-Flotation (Waschgalmei) die größte Wirtschaftlichkeit ergeben. Um die Untersuchung zu vervollständigen, sind auch noch die Nettoerlöskurven verschiedener anderer Verfahrenskombinationen und Stufen in Abhängigkeit vom Metallpreis auf dem Bild 13 dargestellt. Dabei ist es ebenfalls interessant, festzustellen, wie mit veränderlichem Metallpreis erst die eine Verfahrenskombination der anderen unterlegen ist oder umgekehrt.

Bei den weiter folgenden Untersuchungen über die Zweckmäßigkeit und Wirtschaftlichkeit einer getrennten Verarbeitung von Blende- und Galmeihaufwerk bzw. einer gemeinsamen Behandlung beider Haufwerke als sogenanntes Rohhaufwerk, ist für das Blendehaufwerk, bei

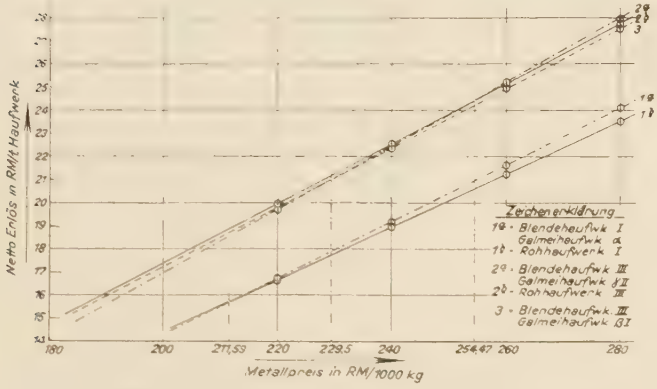


Bild 14. Vergleich der Nettoerlöse verschiedener Verfahrenskombinationen bei veränderlichem Metallpreis.

dem das Optimum für alle Metallpreise zwischen Stufe III und IV liegt, die Stufe III zugrunde gelegt.

Für das Galmeihaufwerk dagegen sind, wie oben bereits dargelegt, die jeweils günstigsten Verfahrenskombinationen in Betracht gezogen worden.

Da, wie bereits auf S. 14 ausgeführt, das Blendehaufwerk mit 83 % und das Galmeihaufwerk mit 17 % an der Gesamtförderung beteiligt sind, wurde in der Tafel 12 der Gesamterlös für 1 t Haufwerk bei getrennter Verarbeitung durch entsprechende Zusammenrechnung der Einzelerlöse ermittelt. Die sich dabei ergebenden Gesamtnettoerlöse je Tonne gefördertes Haufwerk sind in Bild 14 als Funktion des Metallpreises graphisch dargestellt. Hierfür ergibt sich die strichpunktierte Linie 2 a bzw. die gestrichelte Linie 3. Gleichzeitig sind in der Linie 2 b die aus der Tafel 9 entnommenen Nettoerlöse für 1 t Rohhaufwerk, wie sie sich bei der Behandlung des ungetrennten Haufwerks nach der Verfahrenskombination III ergeben, dargestellt. Die Linien 2 a und 2 b schneiden sich in einem Punkte, der dem Abszissenwert 254,47 ℛℳ entspricht. Dies besagt, daß unterhalb dieses Metallpreises eine Trennung in Blende- und Galmeihaufwerk mit anschließend verschiedener Aufbereitung nach den angegebenen Verfahrensstufen unwirtschaftlich ist, während bei höherem Metallpreis dagegen eine getrennte Förderung und Verarbeitung wirtschaftliche Vorteile bietet. Aus dem Abstand der Linien kann man bei den einzelnen Metallpreisen die jeweilige Über- oder Unterlegenheit des einen oder des anderen Verfahrens in ℛℳ/t Haufwerk ablesen.

Die Linie 3 verläuft fast parallel zur Linie 2 b und ist bei allen Metallpreisen um durchschnittlich 0,20 ℛℳ/t Haufwerk ungünstiger als diese. Oberhalb eines Metallpreises von 229,50 ℛℳ/1000 kg ist Linie 3 die ungünstigste Linie. Unterhalb dieses Metallpreises dagegen stellt sie einen Mittelwert zwischen den Linien 2 a und 2 b dar.

Betrachtet man nun die Verfahren, deren Erlöse in den Linien 2 a, 2 b und 3 zur Darstellung gebracht sind und die im folgenden mit A, B und C *) bezeichnet werden sollen, vom Standpunkt der Volkswirtschaft, so ergibt sich nach Tafel 13 folgendes:

Die Verarbeitung nach B ergibt gegenüber A bei einem jährlichen Durchsatz von 300 000 t Haufwerk einen Verlust von 1685 t Zinkmetall und 228 t Bleimetall im Jahre, die in den Abgängen der Aufbereitung unwiederbringlich verloren gehen.

Auch die Behandlung nach C ergibt gegenüber A noch jährliche Verluste von 1145 t Zinkmetall und etwa 800 t Bleimetall.

Da die Verarbeitung nach C privatwirtschaftlich ungünstig ist und auch volkswirtschaftlich gegenüber der Verarbeitung nach B keine Vorteile bietet — der Gesamtmetallverlust ist fast gleich! —, scheidet das Verfanren C bei den weiteren Betrachtungen aus. Es stehen sich also gegenüber die getrennte Behandlung nach A und die ungetrennte Verarbeitung nach B.

In der Tafel 14 ist gezeigt, wie sich bei einer getrennten Behandlung des Haufwerks nach den mit A bezeichneten Verfahrenskombinationen die jährlichen privatwirtschaftlichen Verluste bzw. Gewinne gegenüber der ungetrennten Verarbeitung des Haufwerks nach Verfahren B bei verschiedenen Metallpreisen bewegen. Diesen Zahlen ist dann in der unteren Spalte der Tafel 14 der jährliche Wert der Metalle gegenübergestellt, die bei getrennter Verarbeitung des Haufwerks

*) A getrennte Verarbeitung · { Blendehaufwerk III / Galmeihaufwerk γ II
B ungetrennte Verarbeitung · Rohhaufwerk III
C getrennte Verarbeitung · { Blendehaufwerk III / Galmeihaufwerk β I

Tafel 12. Erlöse in ℛℳ/t gefördertes Haufwerk bei getrennter Verarbeitung.

Metallpreis ℛℳ 1000 kg / Haufwerk	Mengen	Verfahrenskombination	220 Nettoerlös in ℛℳ/t Haufwerksorte	220 Σ Haufwerk	240 Nettoerlös in ℛℳ/t Haufwerksorte	240 Σ Haufwerk	260 Nettoerlös in ℛℳ/t Haufwerksorte	260 Σ Haufwerk	280 Nettoerlös in ℛℳ/t Haufwerksorte	280 Σ Haufwerk	Kurve Nr. in Bild 14
Blendehaufwerk	83	III	21,07	17,49	23,74	19,70	26,42	21,93	29,08	24,14	
Galmeihaufwerk	17	γ II	12,94	2,20	16,06	2,73	19,17	3,26	22,30	3,79	
Σ Haufwerk	100			19,69		22,43		25,19		27,93	2 a
Blendehaufwerk	83	III	21,07	17,49	23,74	19,70	26,42	21,93	29,08	24,14	
Galmeihaufwerk	17	β I	13,41	2,28	15,53	2,64	17,65	3,00	19,76	3,36	
Σ Haufwerk	100			19,77		22,34		24,93		27,50	3
Blendehaufwerk	83	I	17,94	14,89	20,31	16,86	22,69	18,83	25,08	20,81	
Galmeihaufwerk	17	α	10,79	1,83	13,60	2,31	16,41	2,79	19,22	3,26	
Σ Haufwerk	100			16,72		19,17		21,62		24,07	1 a

Tafel 13. Vergleich der Metallverluste und -gewinne der in engerer Wahl stehenden Verfahrenskombinationen bei Haufwerk mit 23,6 % Zn und 5 % Pb.

Haufwerk	Verfahren	Kurve Nr. auf S. 486	Zn-Ausbringen		Pb-Ausbringen		Aus 1000 t Haufwerk gewonnenes Metall	
			Teil %	Σ %	Teil %	Σ %	t Zn	t Pb
Rohhaufwerk . .	Naßmech. + Flot. I . .	1 b	—	87,95	—	74,89	207,562	37,445
	B							
Rohhaufwerk . .	Naßmech. + Flot. III . .	2 b	—	87,05	—	79,37	205,462	39,685
Σ Haufwerk Blende	Naßmech. + Flot. I . .	1 a	90,36 · 83 % = 75,00	89,31	74,09 · 83 % = 61,49	75,16	210,771	37,580
Galmei	Naßmech. + Wälz α I .		84,19 · 17 % = 14,31		80,40 · 17 % = 13,67			
	C							
Σ Haufwerk Blende	Naßmech. + Flot. III . .	3	90,67 · 83 % = 75,26	87,78	79,26 · 83 % = 65,79	73,51	207,161	37,755
Galmei	Naßmech. + Flot. β I . .		73,66 · 17 % = 12,52		45,4 · 17 % = 7,72			
	A							
Σ Haufwerk Blende	Naßmech. + Flot. III . .	2 a	90,67 · 83 % = 75,26	89,44	79,26 · 83 % = 65,79	80,89	211,078	40,445
Galmei	Naßm. + Flot. + Wälz γ II		83,40 · 17 % = 14,18		88,81 · 17 % = 15,10			

gegenüber der ungetrennten Behandlung dem Volksvermögen erhalten bleiben. Diese letztgenannten Zahlen sind aus dem vollen Kurswert der Metalle gerechnet. Selbstverständlich haben die Metalle in der Form, in der sie gegebenenfalls bei der Aufbereitung verloren gehen, nicht den vollen Wert, der hier bei den Betrachtungen eingesetzt worden ist. Die Einsetzung des vollen Metallwertes erscheint aber in diesem Falle gerechtfertigt, weil die verlorenen Metallmengen vom Ausland wegen des großen deutschen Metallbedarfs und der geringen deutschen Metallvorräte eingeführt werden müssen. Zur Beschaffung der hierfür erforderlichen Zahlungsmittel würde eine Steigerung der Ausfuhr anderer Waren in der vollen Höhe des eingesetzten Metallwertes erforderlich sein, die bei der heutigen Lage des deutschen Exportgeschäftes schwer zu erreichen ist.

Es folgt also, daß eine Einstellung der Aufbereitung nach rein privatwirtschaftlichen Gesichtspunkten unterhalb eines Metallpreises von etwa 255 ℳ/1000 kg der Volkswirtschaft zum Schaden gereicht.

Für das vorliegende Beispiel der Bleischarley-Erze muß unter allen Umständen ein Metallpreis über 255 ℳ/1000 kg angestrebt werden. Bei einem solchen Preis wird stets der privatwirtschaftlich günstigste Aufbereitungsgang auch den volkswirtschaftlichen Interessen am besten gerecht werden. Da jedoch hier lediglich die Aufbereitung für sich betrachtet und die Grubenkosten, Generalia usw. unberücksichtigt blieben, darf nun noch lange nicht der Schluß gezogen werden, daß der oben genannte Metallpreis die Wirtschaftlichkeit des gesamten Unternehmens sicherstellt.

Auf der Bleischarley-Grube liegen die Verhältnisse zur Zeit nun so, daß eine naßmechanische Aufbereitung nebst dazugehörigen Mittelproduktensystemen für die Behandlung des Blendehaufwerks sowie eine Flotationsanlage zur Behandlung der aus dem Blendehaufwerk stammenden Schlämme vorhanden sind. Für das Galmeihaufwerk besteht ebenfalls eine naßmechanische Aufbereitung, an die sich zur Behandlung der in der Wäsche anfallenden Galmeiprodukte eine Wälzanlage anschließt. Dieser Zustand läßt eine Behandlung des Blendehaufwerks nach der Kombination Naßmechanik + Flotation Stufe I zu und für das Galmeihaufwerk die Verarbeitung nach der Verfahrenskombination Naßmechanik + Wälz = α. Die hierbei erzielbaren technischen und wirtschaftlichen Ergebnisse sind aus Bild 5 und 9 sowie den Tafeln 3, 10, 11 und Bild 14, Linie 1 a und 1 b, ersichtlich.

Tafel 14. Gegenüberstellung privatwirtschaftlicher und volkswirtschaftlicher Verluste und Gewinne bei verschiedenem Verarbeitungsgang.

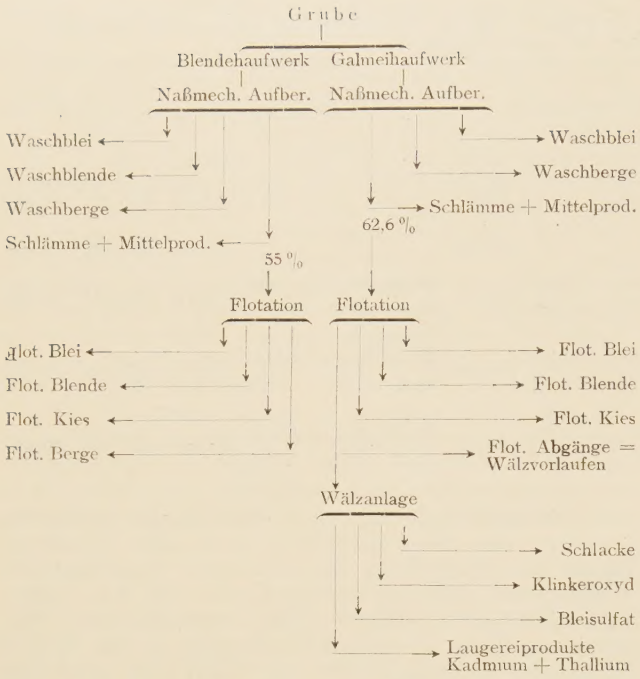
Metallpreis in ℳ/1000 kg	220	240	260	280
Erlöse nach 2 a (Tafel 12, S. 24) in ℳ	19,69	22,43	25,19	27,93
Erlöse nach 2 b (Tafel 9, S. 21) in ℳ	19,96	22,55	25,15	27,73
Erlösdifferenz 2 a bis 2 b in ℳ/t Haufwerk . .	— 0,27	— 0,12	+ 0,04	+ 0,20
Privatwirtsch. Geldgewinn in ℳ/Jahr	—	—	12 000	60 000
Privatwirtsch. Geldverlust in ℳ/Jahr	81 000	36 000	—	—
bei Jahresdurchsatz von 300000 t u. Verfahr. nach A.				
Volkswirtsch. Gewinn in ℳ bei A gegenüber B von jährlich 1685 t Zn, 228 t Pb.	420 860	459 120	497 380	535 640

Das Ergebnis der über die Aufbereitungsmöglichkeiten des Bleischarley-Erzes gemachten Untersuchungen kann man dahingehend zusammenfassen, daß unter Voraussetzung eines Metallpreises von 255 ℳ/1000 kg folgender Aufbereitungsgang die größte Wirtschaftlichkeit bietet:

Trennung in Blende- und Galmeihaufwerk. Vom Blendehaufwerk werden nach naßmechanischer Gewinnung von Bleikonzentraten, Bergen und geringen Mengen Waschblende etwa 55 % durch die Flotation zugute gemacht. Aus dem Galmeihaufwerk werden mit Hilfe der Naßmechanik Bleikonzentrate und Berge gewonnen, während die restierenden 62,6 Mengen-Prozent „Galmei" und Galmeiblenden einer Flotation unterzogen werden, um hierdurch die sulfidischen Blei- und Zinkmineralien zu gewinnen. Um die sich der Flotation entziehenden nichtsulfidischen Metallträger noch zu erfassen, schließt sich nach vorhergehender Entkiesung (Drückung des Schwefelgehaltes durch Ausschwimmen von Schwefelkies) noch die Behandlung der Flotationsabgänge durch das Wälzverfahren an.

Der Verarbeitungsgang wird sich in diesem Falle etwa nach nachstehendem schematischem Stammbaum (siehe S. 26 oben) gestalten.

Vergleicht man die Ergebnisse des heutigen Verarbeitungsganges mit denen des vorgeschlagenen, wesentlich verfeinerten Aufbereitungsprozesses, so beträgt, wie aus Bild 14 ersichtlich, der Bruttomehrerlös für 1 t Haufwerk bei einem Metallpreis von 220 ℳ/1000 kg etwa 2,90 ℳ und steigt bei einem Metallpreis von 280 ℳ/1000 kg auf 4,23 ℳ. Von diesem Mehrerlös müssen selbstverständlich die Kosten für die Erweiterung der bestehenden Aufbereitungsanlagen abgesetzt werden, was hier aber außer Betracht gelassen werden soll. Neben den sich ergebenden privatwirtschaftlichen Vorteilen, die sich, wie aufgezeigt, aus der dargelegten Verfeinerung des Aufbereitungsganges ergeben, sind aber auch noch volkswirtschaftliche Vorteile zu verzeichnen. Es werden, wie sich aus dem Vergleich der in Tafel 13 unter 2 a und 1 a gebrachten Metallverluste + Gewinne ergibt, nach Umbau der Aufbereitungsanlagen aus der gleichen Haufwerks-



menge jährlich 92 t Zink und etwa 860 t Blei mehr gewonnen, als bei dem derzeitigen Zustand der Aufbereitungsanlagen technisch möglich ist.

Zusammenfassung.

In der vorstehenden Arbeit ist gezeigt worden, in welcher Weise der wirtschaftliche Erfolg von Erzaufbereitungen vom Verarbeitungsgang abhängt und wie auch bei veränderlichen Metallpreisen mit Hilfe graphischer Untersuchungen die wirtschaftlichste Aufbereitungsmethode gefunden werden kann. Dabei ist selbstverständlich die Wirtschaftlichkeit immer vom Standpunkt der Privatwirtschaft aus betrachtet. Wie an dem Beispiel der Bleischarley-Erze gezeigt wurde, decken sich aber die privatwirtschaftlichen nicht immer mit den volkswirtschaftlichen Interessen. Während nämlich der Unternehmer daran interessiert ist, die drei Faktoren Konzentratgehalt, Metallausbringen und Verfahrenskosten so zu gestalten, daß sein Geldgewinn ein Maximum wird, ist die Volkswirtschaft nur an der möglichst restlosen Gewinnung der Metallvorräte, d. h. an einem möglichst hohen Metallausbringen interessiert. Wenn nun, wie gezeigt wurde, der größte geldliche Gewinn nur dadurch erreicht werden kann, daß bei niedrigen Metallpreisen zugunsten geringerer Verfahrenskosten auf möglichst hohes Metallausbringen verzichtet wird, so werden offenbar hierdurch die Interessen des Volkes geschädigt.

Der Aufbereitungsleiter hat nun die Pflicht, neben der Wahrung der privatwirtschaftlichen Interessen seines Unternehmens auch die in Richtung der Erhaltung und möglichst weitgehenden Nutzbarmachung des Volksvermögens liegenden Interessen seines Betriebes zu wahren, und auf Grund der in der vorstehenden Arbeit dargelegten Untersuchungen und Überlegungen seinen Betrieb zu leiten und auszugestalten. Wenn nun, wie am Beispiel der Bleierze gezeigt wurde, bei zwei zur Wahl stehenden Verarbeitungsmöglichkeiten (vgl. Bild 14, 2a, 2b und Tafel 14) bei bestimmten Metallpreisen zugunsten der Volkswirtschaft von der Privatwirtschaft gewisse Geldverluste in Kauf genommen werden, so ist es, sofern dieser Verlust in einem annehmbaren Verhältnis zu dem volkswirtschaftlichen Gewinn steht, Sache des Staates, die Verluste der Privatwirtschaft in irgendeiner Form zu decken.

*

Die vorliegende Arbeit wurde mit freundlicher Unterstützung und Genehmigung der Bergwerksgesellschaft Georg von Giesche's Erben durchgeführt, wofür ich den Vertretern der Gesellschaft, insbesondere dem Leiter der Bergverwaltung Beuthen, Herrn Bergwerksdirektor Nickisch, an dieser Stelle meinen Dank sagen möchte. Desgleichen bin ich Herrn Professor Groß für die mannigfachen Anregungen zu der Arbeit zu Dank verpflichtet.

Lebenslauf.

Am 6. Januar 1901 in Halberstadt als Sohn des Oberlehrers F. Salau und seiner Frau Margarethe geboren. Im Frühjahr 1919 Reifeprüfung am Realgymnasium Swinemünde abgelegt. Von 1919 bis Herbst 1920 praktische Ausbildung. Ab 1920 Studium des Bergbaus an den Technischen Hochschulen Aachen und Charlottenburg. Am 15. Dezember 1924 Ablegung der Diplomprüfung an der Technischen Hochschule Aachen. Von 1925 bis Herbst 1927 Betriebsleiter auf der Grube „Gute Hoffnung", Call/Eifel (Berzelius Metallhütten G. m. b. H.). Von 1927 bis 1929 Aufbereitungsingenieur bei der Maschinenbauanstalt Humboldt, Köln-Kalk. Ab 1929 Betriebsleiter der Aufbereitungsanlagen der Deutsch - Bleischarley - Grube, Beuthen (O.-S.), Bergwerksgesellschaft Georg von Giesche's Erben.